

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Д.С.ГУРЛЕВ

**СПРАВОЧНИК
ПО
ФОТОГРАФИИ**

**(светотехника
и материалы)**

Scan Pirat

**Киев
«Техніка»
1986**

37.94я2

Г95

УДК 77(031)

Гурлев Д. С.

Г95 Справочник по фотографии (светотехника и материалы).—К.: Техніка, 1986.—368 с., ил.—Библиогр.: с. 362—363.

В пер.: 2 р. 10 к. 230 000 экз.

В справочнике даны сведения по светотехнике, светофильтрам и фотографическим материалам широкого применения. Приведены данные осветительных приборов, фотографических пленок, пластинок и бумаг. Изложены основные положения практического цветоведения для фотографии. Показаны схемы синтеза и анализа цвета. Даны рецепты растворов и режимы стандартной обработки негативов и позитивов.

Предназначен для подготовленных фото- и кинолюбителей и может быть полезен техническим работникам, студентам соответствующих специальностей и лицам, соприкасающимся в своей работе с фотографией.

Г 4901103000-065
М202(04)-86 158.86

37.94я2

Рецензенты: канд. техн. наук Н. Н. Кудряшов, Ю. Е. Федоров

Редакция литературы по энергетике, электронике, кибернетике и связь

Зав. редакцией З. В. Божко

ВВЕДЕНИЕ

Технологию фотографирования разделяют на три стадии: подготовительную, съемочную и процесс обработки с целью получения негатива, пригодного для фотопечати, или диапозитива на обрабатываемой фотопленке. На подготовительной стадии определяется конкретный светочувствительный материал, устанавливается требуемое освещение с необходимыми световыми и цветовыми характеристиками и подбирается светофильтр для коррекции спектральной характеристики света, падающего на фотоматериал в съемочной камере. Предназначенный для съемки объект оценивается по светлотам его площадей, определяется интервал яркости, который с применением различных оптических приспособлений, светотехнических материалов и регулировкой освещения приводится к норме, соответствующей фотографической широте выбранного фотоматериала. При этом фотосъемка может быть постановочная и репортажного вида. В первом случае световое оформление объекта требует предварительных светотехнических расчетов с учетом всех световых факторов цепи: «светлота объекта — освещение — светофильтр — фотоматериал». При репортажной съемке в основном выбирается фотоматериал и светофильтр для имеющегося освещения (естественного или искусственного).

На подготовительной стадии начинается фотографическое творчество для всех категорий фотографии: художественной, документальной, технической и научной, базирующееся на эстетической и технико-эстетической подготовленности читателя. В общих чертах фотографическое творчество заключается в видоизменении светооптических и технологических величин всех элементов фотографического процесса с целью наилучшего отображения светлот заданного объекта в негативе и позитиве с достижением выразительности и содержательности фотоснимка.

В световом отношении фотографическое изображение на негативном материале в съемочной камере образуется в основном тремя основными светоиобразительными средствами: светотональным, светотеневым и эффектным (включающим контражур) как наиболее тяжелым для воспроизведения. Объект может быть освещен различными по спектральной характеристике световыми приборами, например прожекторами с импульсными приборами, лампами накаливания — с дневным светом, светом Солнца — со светом голубого неба. В связи с этим для правильного тоно- и цветовоспроизведения необходимо правильное ориентирование в спектральных характеристиках освещения, светофильтров, фотопленок и бумаг и согласование их между собой. Это согласование особенно необходимо при цветных съемках, при которых возможны значительные цветовые искажения.

Перед съемкой необходимо установить яркости на светлотных элементах объекта, отражающих свет, для воспроизведения его фотоземлемостей материала в съемочной камере. Возможность этого воспроизведения значительно ограничена из-за большого светорассеяния за объективом. Так, интервал яркости объекта, например 1 : 1000 ($lg = 3$), характерный для солнечного дня, воспринимается фотоматериалом в схеме «свет объекта — камера — фотопленка» интервалом экспозиций не более 1 : 20 ($lg = 1,3$). Более высокий интервал оптиче-

ского изображения на пленке (в среднем $1 : 40$, $lg = 1,6$) возможен лишь для объектов, в которых отсутствуют относительно большие площади белого цвета (значительная часть яркого неба в кадре). Поэтому правильное формирование объекта съёмки основано на применении различных светотехнических средств (светофильтров) и материалов (рассеятелей, покрасок), применяемых для изменения яркостной характеристики объекта и способствующих правильной передаче ее на изображении. Кроме того, при подготовке объекта к съёмке применяются различные светотехнические средства — отражатели, подсветы, экраны и другие приспособления из металлов, стекла и пластмасс для выравнивания его яркостной характеристики.

Научная и техническая съёмки в большинстве случаев отличаются от документальной и художественной, поэтому они требуют совершенно отличных фотоматериалов, фильтров, световых приборов и светотехнических материалов. Например, в микрофотографии часто применяется искажение цвета объекта для выявления структуры и различия элементов объекта. С этой целью можно применять различные фильтры, световые приборы и методы обработки. При репродукции текстовых оригиналов (книг, рукописей, чертежей) на обычных пленках типа «Фото» необходимо резко изменять экспозицию при съёмке и режим обработки.

При съёмке в естественных условиях используется природный свет со своими разнообразными характеристиками: утренний и вечерний, сумеречный и ночной, лунный и безлунный свет создают освещенности, которые необходимо учитывать как при обычных, так и при научных съёмках. Снежный покров и пасмурное небо в значительной степени влияют на световые характеристики объекта и создают характерный рисунок изображения.

Светописное изображение формируется на светочувствительном материале в оптической схеме «свет объекта — светофильтр — съёмочная камера — фотослой». Каждое звено влияет на воспроизведение цвета и прохождение света к фотослою и вносит искажения в результат съёмки, требуя соответствующего учета. В этой связи фотосъёмка на подготовительной стадии подлежит обязательному расчёту, основанному на светооптических данных и погрешностях, действующих в элементах этой схемы. При цветных съёмках необходимо знать образование цветов на основе цветового зрения, понятия светлоты и яркости. Спектральные кривые и зональные графики позволяют ориентироваться в цвете и решать задачи его синтеза с учетом интенсивности освещения, его спектрального состава и корректировки светофильтрами.

Непременным условием получения качественного фотоснимка является учет связи экспозиции с временем проявления. Для наиболее эффективного его осуществления следует пользоваться характеристическими кривыми и графиками кинетики проявления и творчески изменять их для наилучшей передачи яркостей объекта. К примеру, нельзя снимать на одной пленке разноконтрастные объекты, так как экспонированная фотопленка для каждого из них требует разной обработки. В противном случае (при одинаковой обработке) изображения обоих объектов не будут оптически полноценными: малоконтрастные объекты будут недопроявлены, высококонтрастные — перепроявлены. При этом следует помнить, что из всех фотопленок типа «Фото» пленка Фото-65 обладает свойством так называемой стоп-гаммы — почти не изменяющимся в зависимости от времени проявления коэффициентом контрастности. Выбор экспозиции для этой пленки должен быть точным, аналогичным выбору для диапозитивных пленок (для слайдов). Экспозиция и обработка этой пленки критичны к правильной переда-

че яркостей объекта. Другие пленки типа «Фото» этим свойством не обладают и позволяют в широких пределах изменять коэффициент контрастности согласно творческому замыслу.

В справочнике приведены характеристические кривые для светочувствительных материалов, полученные при выходных заводских испытаниях. Их данные усреднены для разных поливов эмульсий и могут несколько отличаться в условиях практического применения. Они необходимы для правильной ориентировки при подготовке к съемке и выборе режима проявления. Справочные данные обработки приведены для стандартных режимов, установленных заводами-изготовителями и технологическими процессами. Применение других режимов и рецептов требует обязательных сенситометрических и экспонетрических испытаний.

Материал справочника относится к первой стадии фотографического процесса — подготовительной (светотехника и материалы) с основной задачей помочь читателю правильно ориентироваться в характеристиках света и цвета и в способности фотоматериалов к правильному их воспроизведению. Для этого конкретные данные справочника дополняются раскрытием физической сущности световых и цветовых явлений. Для удобства пользования справочником материал разделен на пронумерованные параграфы, ссылки на которые в тексте заключены в круглые скобки и выделены жирным шрифтом.

Последующие стадии фотографического процесса будут изложены в следующих справочниках: «Обработка фотоматериалов» (о технологии фотообработки, лабораторном оборудовании и фотохимикатах); «Фотосъемка» (о фотокомпозиции и схемах освещения, экспонетрической подготовке и экспонетрах); «Фотографическая печать» (о способах и методах получения позитивных изображений, фотоувеличителях и приборах для фотопечати); «Фотоаппаратура» (об отечественных съемочных камерах, приспособлениях и принадлежностях). Все справочники включают в себя материал по общей и специальной фотографии в минимально необходимом объеме.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252601, Киев, 1, Крещатик 5, издательство «Техніка».

Глава 1

СВЕТОТЕХНИКА

ОПТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

1. Диапазон оптических излучений (рис. 1) состоит из трех областей электромагнитных волн: ультрафиолетовой (УФ), видимой (свет) и инфракрасной (ИК), заключенных в границы от 1 до 1 000 000 нм. Границы спектральной области света условны и заключены между 380—400 и 760—780 нм. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучения условно разделяются на области:

УФ-А от 400 до 315 нм	ИК-А от 780 до 1400 нм
УФ-В от 315 до 280 нм	ИК-В от 1,4 до 3 мкм
УФ-С от 280 до 100 нм	ИК-С от 3 мкм до 1 мм

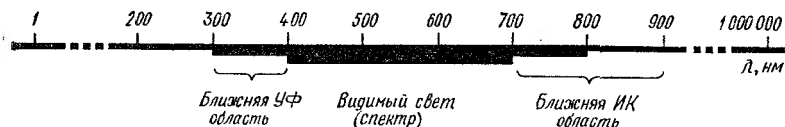


Рис. 1. Диапазон оптических излучений

Рентгеновское излучение распределено на участке длин волн от 0,01 до 10 нм и разделяется на «мягкое» — от 1 до 10 нм, и «жесткое» — менее 1 нм.

В фотографии длины волн выражаются в нанометрах (старое название — миллимикрон мμ). В астрофотографии действует понятие ангстрем Å, равный 0,1 нм (или $10 \text{ Å} = 1 \text{ нм}$).

Область оптических излучений в фотографии, в которой действует геометрическая оптика и светочувствительные материалы общей фотографии, содержит ближнюю к видимому свету УФ область с граничной длиной волны 300 нм и ближнюю ИК область с граничной длиной волны 900 нм. Световой диапазон в фотографии условно принят в пределах 400—700 нм с тремя цветовыми зонами спектра по 100 нм каждая: 400—500 нм — синяя, 500—600 — зеленая и 600—700 нм — красная.

Виды излучения. *Монохроматическое* — излучение, характеризующееся одним значением частоты или длины волны. Излучение в интервале длин волн $\Delta\lambda \leq 10 \text{ нм}$ называется *однородным*. Совокупность монохроматических или однородных излучений образует *спектр* (в переводе с латинского — видимый).

Различаются *сплошные* (непрерывные) спектры, характерные для тепловых излучателей, *линейчатые*, *полосатые* и *смешанные* — для дуговых и газоразрядных источников света (рис. 2). Для выражения количественного распределения излучения по спектру в справочнике принято определение «*суммарная плотность излучения*», графически описываемая площадью, ограниченной шириной спектра и средней интенсивностью излучения.

2. **Активность излучения** — способность оказывать воздействие на чувствительный светоприемник или приемник излучения, создавая определенный эффект — зрительный, фотохимический, тепловой или какой-либо другой. Наибольшая активность излучения вы-

ражается при совпадении спектральных характеристик излучения и приемника, наименьшая определяется степенью соответствия длин волн спектра излучения длинам волн чувствительности приемника. Для несенсибилизированных светочувствительных фотослоев активность излучения заключена в ближней УФ области и части синей зоны спектра в пределах 350—450 нм. Для сенсибилизированного фотоматериала активность излучения может распространяться на ближнюю УФ область, видимый свет и ближнюю ИК область спектра.

Определению активности противопоставлена неактивность излучения (света), выражающаяся в неспособности оказывать воздей-

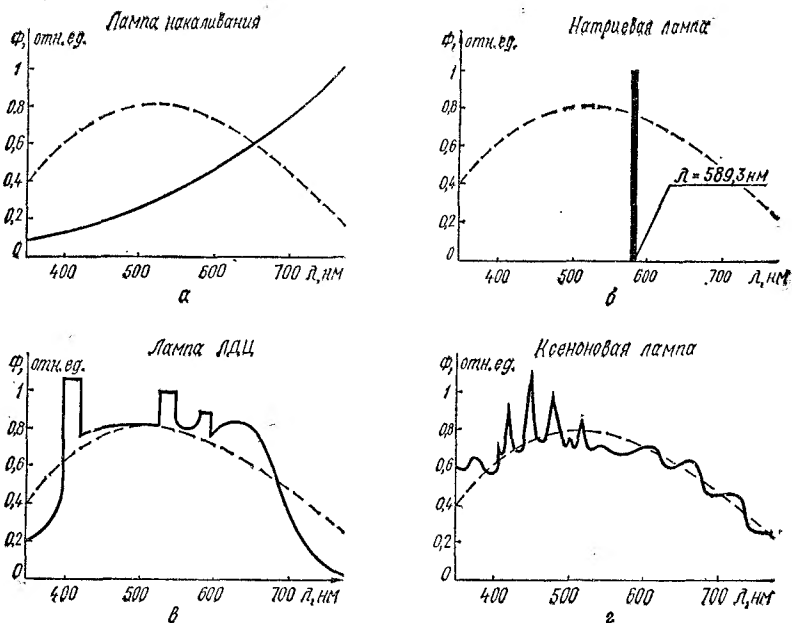


Рис. 2. Графики спектров различных излучений:

а — сплошной (непрерывный), б — линейчатый (однородное излучение), в — смешанный (полосатый на фоне сплошного), г — спектр с «пиком циана». Штриховая линия — дневной солнечный свет

ствие на светочувствительные приемники. При обработке фотоматериалов применяется неактивный свет, получаемый при пропускании света источника через различно окрашенные лабораторные светофильтры (173).

ГЛАЗ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

3. Оптическая и зрительная характеристика глаза. Ультрафиолетовая (380 нм) и инфракрасная (760 нм) границы видимой области спектра — пределы воздействия излучений на биологические ткани и клетки зрительного аппарата. Между ними находится область светового излучения, не подвергающая зрение биологическим изменениям и позволяющая человеку воспринимать окружающий мир яркостями предметов.

Глаз (рис. 3) является оптическим прибором физиологического действия, формирующим изображения предметов на *сетчатке* — сферической поверхности, выложенной светочувствительными элементами. Сетчатка глаза чувствительна к лучам короче 400 нм, но его хрусталик как фильтр поглощает лучи менее 400 нм и даже часть сине-фиолетовых лучей, благодаря чему она не подвергается разрушению от воздействия УФ излучения. Однако лучи от 400 до 320 нм и короче могут восприниматься зрением голубоватыми, так как сетчатка воспринимает не сами лучи, а вызванное ими голубоватое свечение хрусталика. Свечение это не имеет информационного значения.

Фокусирующая система глаза характерна тем, что глазное яблоко — система иммерсионная, в которой хрусталик находится в жидкой среде с показателем преломления, отличающимся от единицы. Переднее фокусное расстояние глаза отличается от заднего по знаку и абсолютному значению. В глазе на пути луча света несколько преломляющих поверхностей, каждая из которых отличается от сферической формы, а их оптические центры не лежат на одной прямой, что создает нецентрированность оптической системы. Для расчетов принята обобщающая схема глаза со следующими характеристиками:

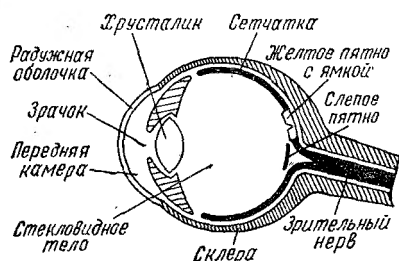


Рис. 3. Схематический разрез глаза

Преломляющая сила (рефракция), дптр	58,82
Длина среднего глаза по оптической оси, мм	23,4
Радиус кривизны роговицы, мм	6,8
Радиус кривизны поверхности сетчатки, мм	10,2
Показатель преломления стекловидного тела	1,4
Местоположение оптических точек относительно вершины роговицы, мм:	
главных	0
узловых	6,8
Фокусное расстояние, мм:	
переднее	—17
заднее	23,8

Количество поступающего в глаз света регулирует *зрачок*, изменяющий диаметр своего отверстия от 2 до 8 мм. Изображение предметов формируется с расстояния 10—12 см и до бесконечности. Глазное яблоко вращается в пределах 45—60°. При наблюдении близких предметов оба глаза поворачиваются друг к другу до угла *конвергенции* при наибольшей величине 32°.

Центральная часть сетчатки окрашена желтым пигментом и называется *желтым пятном*. При диаметре 2 мм желтое пятно соответствует внешнему полю, видимому под углом 2°. В центре желтого пятна расположена ямка — *фовеа*. Ее диаметр 0,4 мм соответствует углу зрения 1°.

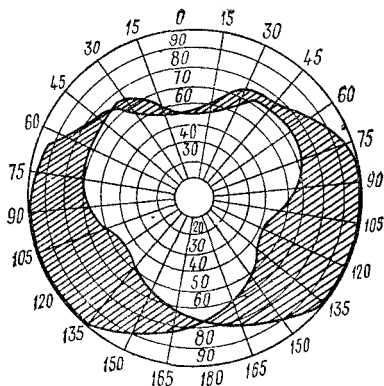
Сетчатка содержит рецепторы — приёмники лучистой энергии: *палочки* (светочувствительный аппарат черно-белого видения) и *колбочки* (цвето- и светочувствительный аппарат цветного и черно-белого видения). Наибольшее количество колбочек расположено в центральной ямке желтого пятна. Зрительная ось глаза не совпадает с оптиче-

ской и пересекает сетчатку по фовеальному центру. При яркости $B \geq 10 \text{ кд/м}^2$ работают только колбочки (дневное зрение), при $B \leq 0,01 \text{ кд/м}^2$ — только палочки (ночное зрение). На промежуточных уровнях яркости работают колбочки и палочки (сумеречное зрение).

Физиологический процесс зрения основан на фотохимических реакциях света с *родопсином* (зрительным пурпуром) в палочках и с *йодопсином* — в колбочках. Под действием света эти вещества отбеливаются и становятся к нему нечувствительными. В темноте вещества восстанавливаются до максимальной степени чувствительности. Раздражение палочек и колбочек передаются в мозг в виде импульсов, частота которых увеличивается с ростом освещенности сетчатки. Частота импульсов связана с интенсивностью света приблизительно логарифмической зависимостью. Ощущение яркости зависит от количества отбеленных йодопсина и родопсина.

Одиночный глаз — широкоугольная оптическая система с большим полем зрения. Зрение обоими глазами сосредоточивает видение в более узком угле. Поле зрения зависит от яркости, размера, контраста, цвета предметов и других условий. Углы зрения показаны на рис. 4. Поле

Рис. 4. Индикатрисы зрения. Широкая линия охватывает поле зрения правого и левого глаза (заштрихованная площадь). Белое поле — область бинокулярного зрения



зрения одного глаза по горизонтали в направлении к носу 60° , к виску 90° (всего 150°), по вертикали вверх 50° , вниз 70° . Горизонтальный угол зрения обоими глазами 180° , однако при этом острота зрения быстро падает от центра сетчатки (фовеа) к периферии. На расстоянии 16° от оси острота в три раза меньше, чем в центре. Рассмотрению предмета с требуемой остротой помогает подвижность глаз.

В совокупности оптических свойств глаз человека представляет собой одновременно нормальный объектив ($f = 17 \text{ мм}$), длиннофокусный (угол зрения наилучшего видения 1°) и широкоугольный ($f = 150^\circ$). При общем разглядывании зрение совместно с мозгом воспринимает объект широким углом, затем при оптимальном зрении сосредоточивает сознание на главном, а при необходимости выделяет детали объекта при узком угле.

4. Адаптация — процесс изменения свойств органа зрения под воздействием яркостных и цветовых стимулов без контроля сознанием. Адаптация — конечное состояние этого процесса, при котором устанавливается светочувствительность глаза для данного уровня яркости (адаптация к свету, к темноте). Глаз реагирует на перепад яркостей от $2 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^5 \text{ кд/м}^2$. Адаптация обеспечивается тремя явлениями:

изменением диаметра отверстия зрачка от 2 до 8 мм (по площади от 4 до 64 мм^2 , т. е. в 16 раз), отчего световой поток, поступающий в глаз, изменяется в 16 раз. Сокращение зрачка происходит за 5 с, его полное расширение — за 5 мин. При этом за первые 10 с зрачок расширяется на $2/3$ своего диаметра;

изменением концентрации зрительного пурпура рецепторов и перемещением темнового пигмента в слоях сетчатки, защищающего рецепторы от избыточного светового раздражения;

различной реакцией палочек и колбочек, от которой глаз приспосабливается к ночному, сумеречному и дневному зрению.

Палочковые и колбочковые рецепторные клетки адаптируются с различной быстротой. Адаптация колбочек завершается приблизительно за 7 мин, адаптация палочек длится более часа.

Световая адаптация — время 5—10 мин, необходимое для восстановления светочувствительности глаза при переходе от наблюдения в темноте к наблюдению максимальных яркостей.

Темновая адаптация — время, примерно 1—2 ч, необходимое для восстановления светочувствительности глаза при переходе от наблюдения максимальных яркостей к зрению в темноте.

Инерционность адаптации характеризует восприятие глазом резких перепадов яркости. Например, яркость до 25—30 кд/м² не воспри-

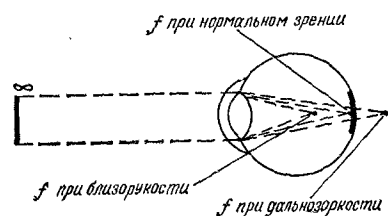
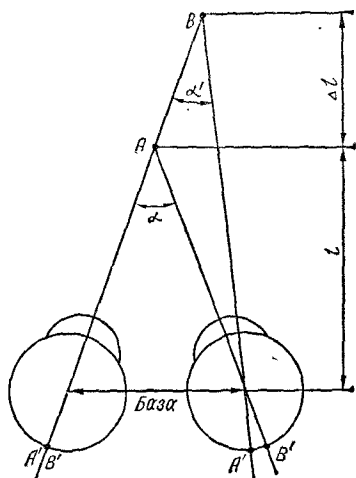


Рис. 5. Примеры аметропии зрения

Рис. 6. Схема конвергенции и стереоэффекта



нимается как яркость, а замечается как светлое пятно; 200 кд/м² — это ощутимая яркость; 500 — привлекающая внимание, 1000 — беспокоящая, 2000 — слепящая, а выше — невыносимая. Световая и темновая адаптация являются результатом восстановления светочувствительного вещества после отбеливания.

Диаметр зрачка глаза, зависящий от освещенности, влияет на глубину резкого видения:

Диаметр зрачка глаза, мм	4	3	2
Глубина резкого видения, м, от ∞ до	32	24	16

5. Аккомодация — изменение оптической силы глаза (обычно автоматическое), позволяющее четко видеть предметы, расположенные на данном расстоянии. Аккомодационная мышца глаза изменяет кривизну хрусталика, изменяя фокусное расстояние глаза f . Нормальное зрение характерно при полностью ослабленной мышце ($f_{\text{макс}}$), при этом предметы четко видны в бесконечности (дальняя точка аккомодации). В этом случае параллельные лучи от предметов сходятся в точке заднего фокуса глаза, расположенной на сетчатке. Ближняя точка аккомодации ($f_{\text{мин}}$) в возрасте человека до 20 лет расположена на

расстоянии примерно 100 мм. С возрастом это расстояние увеличивается и при 250 мм и более человеку для работы требуются очки.

Отклонение от нормального зрения (аметропия) выражается близорукостью и дальнорукостью (рис. 5). При близорукости параллельные лучи от предметов в бесконечности сходятся перед сетчаткой, при дальнорукости — за сетчаткой. Для устранения аметропии применяются очки: при дальнорукости — с положительными, при близорукости — с отрицательными линзами, приводящими точку фокусирования изображения на поверхность сетчатки.

В съемочных камерах и других оптических приборах для коррекции близорукости и дальнорукости применяется подвижной окуляр или дополнительная очковая линза.

6. Бинокулярное, стереоскопическое зрение обусловлено видением обоими глазами. Расстояние между центрами глаз — *глазная база* 52—76 мм, расчетное (среднее) значение принято 62 мм. Линия, проходящая через центр хрусталика и центр фовеа (центральной ямки желтого пятна), называется *зрительной осью* глаза. При зрении обоими глазами зрительные оси пересекаются на предмете под углом *конвергенции* α до 32° (рис. 6). Два угла поворота зрительной оси определяют две координаты видимого предмета. Третья координата — расстояние l осознается мозгом благодаря конвергенции и стереоскопичности зрения. Угол конвергенции для любой точки A пространства равен параллаксу этой точки по отношению к базе. При переводе взгляда с точки A на точку B угол α уменьшается до угла α' и сознание воспроизводит разницу в положении точек. Конвергенция, связанная с определенным напряжением глазных мышц, дает сознанию возможность оценивать расстояние — ближе, дальше. Сознание ощущает большую удаленность точки B и, следовательно, разницу в расстоянии l . Это ощущение различия, ощущение трехмерности, т. е. рельефа предметов при зрении обоими глазами, называется *стереозффектом*.

При рассмотрении предметов в бесконечности, например звезд, зрительные оси глаз параллельны. Изображения в обоих глазах попадают в идентичные точки, одинаково ориентированные относительно зрительных осей, в связи с чем изображения на сетчатках совершенно тождественны.

При наблюдении близких предметов изображения точек A и B лежат, например, на одной оси и воспроизводятся на сетчатке левого глаза в одной точке, а в правом глазу — в двух точках на расстоянии $A'B'$. В этом случае точки изображений неидентичны. Эта неидентичность, определяющаяся разностью параллактических углов $\alpha\alpha'$, создает ощущение удаленности точки B . Зрение проецирует на сетчатках разные изображения, а в сознании они сливаются в одну трехмерную картину.

При зрении одним глазом ощущение рельефа отсутствует, а присутствует лишь иллюзия этого ощущения на основе зрительной памяти видения обоими глазами. Объектив съемочной камеры воспроизводит на двумерной плоскости ощущение трехмерности пространства, используя линейную и воздушную перспективу, и полученная фотографическая картина воспринимается одним глазом более рельефно, чем обоими глазами.

7. Световая чувствительность глаза обозначается величиной, обратной световому порогу: $1/N$, который определяется наименьшей освещенностью сетчатки, выражаемой в люксах и получаемой от светового пятна с угловыми размерами $25''$ (при расположении пятна на черном фоне с яркостью, приближающейся к нулю). Абсолютный световой порог в среднем соответствует освещенности на зрачке порядка $1 \cdot 9^{-9}$ лк. При этом наивысшая чувствительность среднего глаза,

адаптированного к темноте при максимальном отверстии зрачка, позволяет ощущать 5—15 квантов света в секунду. В темноте светочувствительность растет быстро, затем рост замедляется, приближаясь к некоторому пределу (световому порогу). В условиях темновой адаптации чувствительность колбочкового зрения изменяется в 20—40 раз, а сам процесс изменения светочувствительности длится 5—8 мин. Для палочкового зрения, т. е. при зрении периферийной сетчаткой, процесс адаптации заканчивается не ранее чем через 60—80 мин, чувствительность при этом меняется в $5 \cdot 10^4$ — 10^5 раз.

Минимальная чувствительность глаза, адаптированного к сильному свету, определяется наименьшим отверстием зрачка, при котором сила света с расстояния 1 м соответствует 200 000 кд (порог ослепления). Общий диапазон яркостей, при которых возможна работа глаза, составляет 10^8 — 10^4 кд/м². Сумеречное зрение характерно для яркостей

до 10 кд/м². Логарифм отношения порогов крайних чувствительностей глаза называется субъективным интервалом яркостей. Яркости вне этих порогов воспринимаются как глубоко «черное» и чисто «белое».

8. Контрастная чувствительность глаза — способность разли-

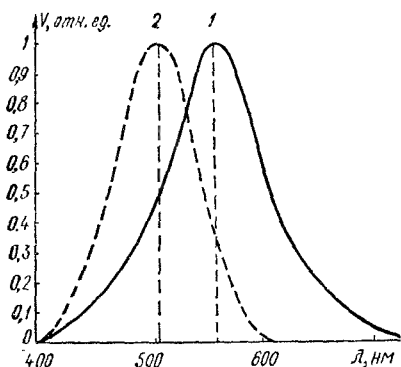


Рис. 7. Кривые спектральной световой эффективности глаза при дневном (1) и ночном (2) зрении

чать минимальное отличие яркостей. Контраст яркостей объекта и фона, на котором он различается, определяется отношением $(B_o - B_f)/B_f$, где B_o — яркость объекта; B_f — яркость фона. Минимальная разность $\Delta B_{\min} = (B_o - B_f)_{\min}$ называется пороговой разностью яркости, отношение $\Delta B_{\min}/B_o$ — пороговым контрастом, а его обратная величина $B_o/\Delta B_{\min}$ — мерой контрастной чувствительности глаза K .

С увеличением яркости фона контрастная чувствительность глаза растет, достигая максимального значения при $B_f = 130 \dots 640$ кд/м². При больших яркостях K снижается из-за слепящего действия. Глаз является нелинейной оптической системой. Работа зрения на различных освещенностях обеспечивается логарифмической связью между наблюдаемой яркостью и световым ощущением. Этому способствует изменение площади зрачка в 16 раз.

9. Разрешающая способность глаза характеризуется степенью различения близко расположенных мелких деталей, штрихов и точек, и принимается за одну угловую минуту (60") по диаметру центрального пятна фовеа. При этом угле острота зрения выражается единицей. Разрешение глаза, например в 30", определяет остроту зрения, равную $60 : 30 = 2$. При большем угле зрения, например $1^\circ 30'$, острота зрения равна $60 : 90 = 0,5$. При наблюдении сдвига, например, части штриха относительно другого рядом расположенного, т. е. при меньшем угле зрения, разрешающая способность значительно выше, порядка 10" вместо принятых 60", а острота зрения при этом становится 6 (60 : 10).

На боковых частях сетчатки, отличных от фовеальной, острота зрения падает. При смещении от центра на 5° острота зрения падает до 0,3, при 10° — до 0,2. При увеличении яркости фона диаметр зрачка уменьшается до 3—4 мм. При этом разрешающая способность глаза оптимальна. С уменьшением контраста детали и фона разрешающая способность снижается.

10. Спектральная чувствительность глаза действует в диапазоне длин волн 380—780 нм и выражается кривой относительной спектральной световой эффективности (по-старому — кривой видности), показанной на рис. 7. Кривая характеризует неравномерную чувствительность глаза к излучению различных длин волн светового диапазона, выработанную в процессе биологической эволюции. Глаз (в отличие от цветной фотопленки) плохо воспринимает сине-фиолетовые и темнотно-красные световые лучи. Наибольшая чувствительность глаза при дневном зрении приходится на желто-зеленое излучение с длиной волны 555 нм, принятое за условную единицу.

Коэффициенты относительной спектральной световой эффективности глаза (кривой видности) имеют следующие величины:

Длина волны λ , нм	Зрение		Длина волны λ , нм	Зрение	
	дневное $V(\lambda)$	ночное $V'(\lambda)$		дневное $V(\lambda)$	ночное $V'(\lambda)$
380	0,0000	0,000589	590	0,757	0,0685
390	0,0001	0,002209	600	0,631	0,03315
400	0,0004	0,00929	610	0,503	0,01593
410	0,0012	0,03489	620	0,381	0,00737
420	0,0040	0,0966	630	0,265	0,003335
430	0,0116	0,1998	640	0,175	0,001497
440	0,023	0,3281	650	0,107	0,000677
450	0,038	0,455	660	0,061	0,0003129
460	0,060	0,567	670	0,032	0,0001480
470	0,091	0,676	680	0,017	0,0000715
480	0,139	0,793	690	0,0082	0,00003533
490	0,208	0,904	700	0,0041	0,00001780
500	0,323	0,982	710	0,0021	0,00000914
510	0,503	0,997	720	0,00105	0,000002546
520	0,710	0,935	730	0,00052	0,000002546
530	0,862	0,811	740	0,00025	0,000001379
540	0,954	0,650	750	0,00012	0,000000760
550	0,995	0,481	760	0,00006	0,000000428
560	0,995	0,3288	770	0,00003	0,000000241
570	0,952	0,2076	780	0,000015	0,000000139
580	0,870	0,1212			

Коэффициенты показывают, что к излучениям с длинами волн 510 и 610 нм чувствительность глаза падает вдвое. Примерно в 100 раз зрение менее чувствительно к световым лучам с длиной волны 430 (синие) и 690 нм (красные). При значительно низкой освещенности (сумеречное зрение) кривая сдвинута влево (эффект Пуркина); максимум чувствительности приходится на длину волны 510 нм. При сумеречном зрении нарушается различие и оценка цветов. Яркость красных цветов уменьшается, они кажутся темными, тусклыми или совсем черными. В противоположность красным, синие цвета в темноте наблюдаются более яркими, так как для них спектральная чувствительность глаза значительно возрастает.

Кривая относительной спектральной световой эффективности является одной из основных характеристик фотографии, участвующей во всех световых и цветовых расчетах и определениях.

ЦВЕТНОСТЬ СВЕТОВОГО ПОТОКА

11. Тепловое излучение. Независимо от происхождения, свет характеризуется количественным содержанием в его составе лучей синей, зеленой и красной зон спектра (1). Спектральный состав является одной из определяющих световых характеристик в фотографии, связанной в большинстве случаев со степенью нагрева различных тел, поэтому за основу выражения спектральной характеристики света принято тепловое излучение. При этом в свет превращается 3—10 % от полного излучения. Тепловое излучение имеет сплошной спектр

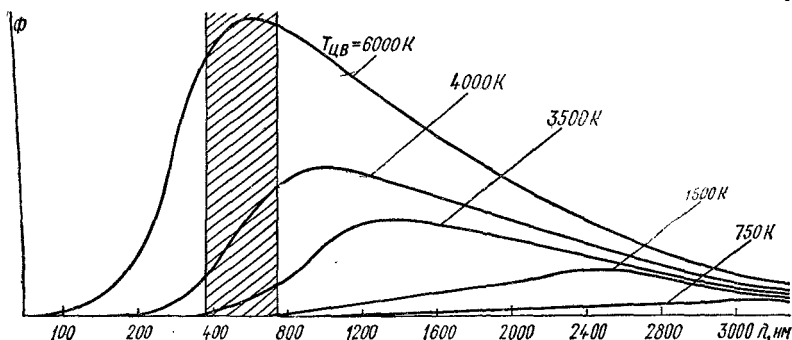


Рис. 8. Спектральные кривые теплового излучения ЧТ при различной температуре нагрева (область видимого излучения заштрихована)

электромагнитных волн и выражается в кельвинах (К) с началом отсчета от абсолютного нуля (-273°C).

При нагревании тел появление света начинается в ближней ИК области спектра примерно при 800 К и имеет темно-красный цвет. С увеличением нагрева в излучении появляются красные, оранжевые, желтые, зеленые и затем синие лучи, а максимум излучения переходит из ИК области в видимую, в сторону более коротких волн светового диапазона. Пределом нагрева является начало испарения тела. Практически из всех металлов наибольшую температуру выдерживает вольфрам, поэтому его применяют для источников света.

Характеристика цветности различных тел степенью их нагрева неприемлема, так как распределение мощности излучения по спектру различно и определяется физической природой самого тела (различие в излучениях металлов, их сплавов, паров металлов). Эталоном, по которому определяется цветность излучения, является Черное тело (полный излучатель, излучатель Планка).

12. Черное тело (ЧТ) — тепловой излучатель, имеющий для всех длин волн при заданной температуре максимальную спектральную плотность энергетической светимости. Он полностью поглощает все падающие на него излучения независимо от длины волны, направления падения и состояния поляризации излучения. ЧТ — оптический прибор с коэффициентом поглощения, равным 1, и при нагреве излучает больше энергии, чем все другие нагретые тела при данной температуре и длине волны. Спектральные кривые нагрева ЧТ показаны на рис. 8.

ЧТ применяется в качестве светового эталона, нагрев которого до 2042 К служит эталоном силы света, а другие значения температуры создают первичные образцовые цветности излучений в кельвинах. При одинаковой температуре максимум мощности излучения ЧТ относительно реального тела несколько смещен в сторону более длинных волн спектра (рис. 9). Если ЧТ нагреть до более высокой температуры, чем реальное тело, то максимумы их мощностей излучения совпадут и при одинаковой длине волны приобретут пропорциональность, характеризующую их величины. Нагревая ЧТ, всегда можно получить эталонную цветность для сравнения с цветностью излучения реального источника света и ее цветовую температуру.

13. Цветовая температура ($T_{цв}$) — это температура ЧТ в кельвинах, при которой цветность его излучения совпадает с цветностью данного источника излучения. Образцовая цветность ЧТ указывает на строго определенный и всегда постоянный для каждой длины волны спектральный состав излучения с высокой степенью его воспроизводимости.

Цветовая температура распространяется только на тепловые источники света, имеющие сплошной спектр за счет внутренней

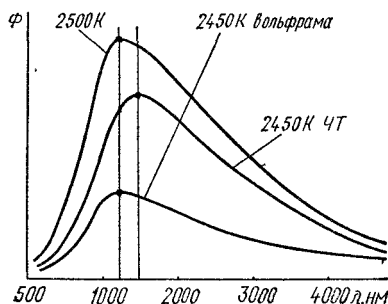


Рис. 9. Спектральные кривые распределения мощности излучений ЧТ и вольфрама

энергии нагрева. Однако от ЧТ можно получить приближенную цветность и нетеплового источника, например цветность люминесцентных ламп, возникающую за счет внешних источников энергии. Спектральный состав нетепловых источников отличается различными монохроматическими «пиками» однородных излучений, создающими в цветности характерные оттенки. Солнце для видимого света приравнивается к температурным источникам излучений.

Максимумы мощности излучения ЧТ в числах цветовой температуры соответствуют следующим длинам волн:

$T_{цв}$, К	9000	8000	7000	6000	5200	5000	4000	3000	2000
λ , нм	320	360	410	480	555	580	720	960	1420

Цветовая температура определяет ход кривой спектрального распределения энергии в излучении и его цвет, т. е. показывает соотношение лучей синей и красной зон спектра относительно лучей зеленой зоны, принятых за относительную единицу. На рис. 10 показаны кривые различной цветности излучений ЧТ. Для наглядности, независимо от мощности излучения, спектральные кривые совмещены в одной точке, соответствующей длине волны 555 нм, для которой мощность светового потока принята за 100 %. В фотокинотехнике принят термин «цветофотографическая температура».

Цветофотографическая температура ($T_{цф}$) — параметр, характеризующий цветность излучения источников света применительно к съемке на фотографические цветные материалы. Наблюдение глазом и воспроизведение объекта на фотопленке имеют различный характер. Распределение кривых спектральной чувствительности трех

фотослоев цветных негативных пленок значительно отличается от спектральных кривых основных возбуждений глаза (119). Кривая си- нечувствительного слоя пленки охватывает область синих и ближних УФ лучей и фиксирует их в изображении на пленке в виде синего от- тенка, а глаз этот оттенок в объекте не замечает.

При установке съемочного освещения цветопередачу будущего цветного изображения следует оценивать не по зрительному ощу- щению снимаемого объекта, а по фотографическому действию заданного освещения на цветную негативную пленку. Отсюда цветофотографи- ческая температура излучения — это температура ЧТ, при которой его излучение вызывает на цветной фотопленке такую же фотогра- фическую реакцию, как излучение заданного источника света. $T_{\text{пф}}$

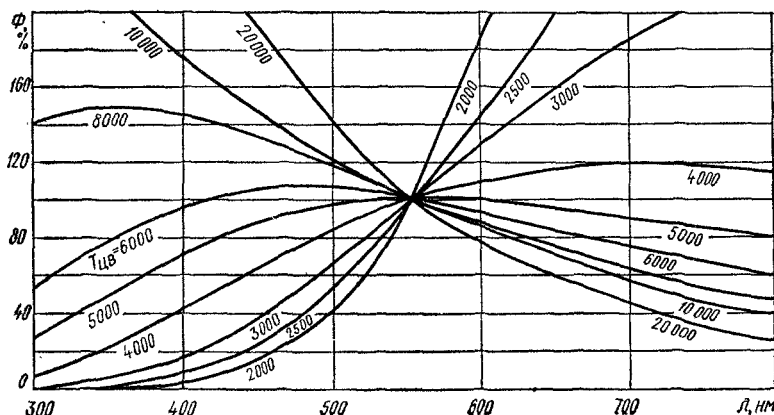


Рис. 10. Спектральные кривые излучения ЧТ при различных цветовых температурах

совпадает с $T_{\text{цв}}$ только для температурных излучателей, от которых отличаются излучения, например, синего неба, газоразрядных ламп и других источников.

14. Световая отдача температурных источников света характери- зуется КПД (η). Смещение максимума температурного излучения из ИК области спектра в УФ область изменяет его величину. Наиболь- шая интенсивность излучения белого света соответствует температуре порядка 6000 К. Наибольшая световая отдача ЧТ при $\eta = 14...15\%$ соответствует температуре 6500 К. Зависимость КПД Черного тела от температуры следующая:

$T_{\text{цв}}$, ЧТ, К	2000	3000	4000	5000	6000	6500	7000	8000	9000	10000
η , лм/Вт	1,52	19,2	50,2	74,2	85,2	86,6	86,1	81,3	74,2	66,3

15. Цветность типовых и стандартных излучений. Типовыми на- зываются излучения, характеризующиеся определенным или заданным спектральным составом, применяемым в фотографии и других обла- стях светотехники. Из них выделяются четыре группы:

излучения сенситометрических и стандартных источников света, предназначенных для измерительных целей;

излучения искусственных источников света, характеризующихся определенной цветовой температурой (обычные лампы накаливания

малой, средней и большой мощности, галогенные лампы накаливания, газоразрядные, люминесцентные, дуговые, импульсные лампы и др.); излучения естественных источников света при определенном состоянии атмосферных и астрономических условий (прямой солнечный свет, свет голубого неба, свет пасмурного дня); излучения специальных источников света для специальной съемки.

Источники света с типовыми излучениями

	$T_{цф}, K$
Пламя спички	1700
Свет керосиновой фитильной лампы	1700—2100
Пламя стеариновой свечи	1850
Осветительная нормальная лампа накаливания 25 Вт	2400
Осветительная газополная лампа накаливания: -	
100 Вт	2650
200 Вт	2900
Люминесцентные лампы дневного света	2800—6500
Зеркальные лампы накаливания типа ЗК	3200
Галогенная лампа накаливания	3200
Кинопрожекторная лампа накаливания КПЖ-500 500 Вт	3250
Кинопроекторная лампа К-30-400 400 Вт	3280
Лампы накаливания для фотографии 275 и 500 Вт	3450
Лампы-вспышки одноразового действия	3500—3900
Импульсные электронные лампы	3800—6500
Свет вечерней или утренней зари при ясной погоде	4000—4500
Прямой солнечный свет в зените без света неба	5200
Ксеноновые лампы высокого давления с короткой дугой	5500
Дуговые источники света с белопламенными углями	5500
Свет Солнца и неба днем на средних широтах	5700
Импульсные ксеноновые лампы	6000
Металлогалогенная лампа НМ-1	6000
Свет пасмурного дня	6500
Свет сильного тумана	7500—8500
Свет голубого неба	10 000—30 000

Примечание. Данные цветофотографической температуры аналогичных источников в технических изданиях разных лет могут отличаться между собой.

Стандартными (обозначаемыми латинскими буквами *A, B, C* и *D*) являются излучения, используемые в колориметрии, относительное спектральное распределение энергии которых стандартизовано МКО*. Стандартные излучения имеют коррелированную цветовую температуру, полученную при определении на равноконтрастном цветовом графике (114) точки на линии ЧТ, ближайшей к точке, представляющей собой цветность рассматриваемого источника света. Коррелированная цветовая температура обозначается T_{68} . Обозначение показывает, что температура измерена в соответствии с Положением о «Международной практической температурной шкале 1968 г.».

К стандартным относятся следующие излучения МКО:

A — излучение ЧТ при температуре $T_{68} = 2855,6 K$;

* Международная комиссия по освещению.

B — прямой солнечный свет с коррелированной цветовой температурой $T_{68} = 4874$ К;

C — дневной свет с коррелированной цветовой температурой $T_{68} = 6774$ К;

D_{65} — дневной свет с коррелированной цветовой температурой $T_{68} = 6504$ К.

Примечание. В Советском Союзе стандартизованы кривые относительного спектрального распределения энергии излучения ЧТ при 4800 К (излучение B) и 6500 К (излучение C).

СВЕТОВЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ФОТОГРАФИИ

16. Световой поток (Φ) — величина, образующаяся от лучистого потока при оценке излучения по его действию на селективный приемник, спектральная чувствительность которого определяется нормализованной функцией относительной спектральной световой эффективности излучения. В светотехнике типичным приемником света является глаз. Его неравномерная чувствительность к излучениям с различной длиной вол-

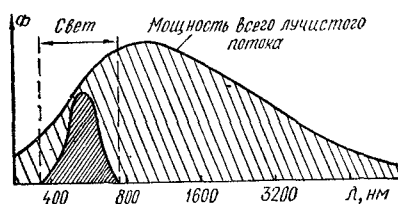


Рис. 11. Область света (частая штриховка) относительно суммарной плотности излучения

ны не позволяет определять световое излучение мощностью источника. Несколько одинаковых по мощности световых лучей, например зеленый, красный или синий, вызывают различное зрительное ощущение — от яркого до едва видимого. В ИК и УФ областях спектра излучение той же мощности глазом не воспринимается. Поэтому для характеристики световых явлений, действующих на глаз, в отличие от энергетического потока излучения Φ_e в ваттах принят световой поток Φ в люменах (без индекса э), оцениваемый спектральной световой эффективностью глаза для дневного зрения.

Единица светового потока 1 люмен (лм) создается источником света силой 1 кандела (кд) в телесном угле 1 стерadian (ср): $\Phi = I\omega$. В качестве эталона 1 люмена принят световой поток полного излучателя (ЧТ) с площади выходного отверстия $0,5305 \text{ мм}^2$ при температуре затвердевания платины 2046 К. Световому потоку $\Phi = 1$ лм при длине волны 555 нм соответствует энергетический поток $\Phi_e = 0,00146$ Вт (1 Вт/680 лм), являющийся механическим эквивалентом света, или 1 Вт энергетического потока на волне 555 нм соответствует 680 лм светового потока (1 Вт = 680 лм). Отсюда максимальное значение спектральной световой эффективности $V_\lambda = 680 \text{ лм/Вт}$.

Чтобы получить световой поток для любой другой волны светового диапазона, следует 680 лм умножить на соответствующую ординату кривой спектральной световой эффективности глаза для выбранной длины волны (10). Например, 1 Вт монохроматического света с длиной волны 620 нм дает световой поток $680 \cdot 0,4 = 272$ лм.

Световой поток сложного излучения определяется как произведение $\Phi = 680 \sum \Phi_e V_\lambda$, лм, где $\sum \Phi_e V_\lambda$ — сумма монохроматических излучений лучистого потока с коэффициентами относительной спектральной световой эффективности (10).

Электромагнитное излучение большинства известных источников света является сложным излучением, спектр которого простирается далеко за пределы видимого диапазона. Световой поток таких источников составляет лишь небольшую часть излучаемой мощности (рис. 11). Для ламп накаливания световой поток составляет 3—5 % от всего лучистого потока. Каждый ватт солнечного излучения дает световой поток около 120 лм.

17. Световая энергия Q — часть энергии излучения, воспринимаемая светоприемником, имеющим спектральную характеристику, соответствующую характеристике спектральной световой эффективности глаза; выражается произведением светового потока на длительность излучения: $Q = \Phi t$, лм · с.

18. Световая отдача источника света η показывает, какая часть потребляемой им энергии превращается в свет и выражается отношением светового потока в люменах к потребляемой электрической мощности в ваттах: $\eta = \Phi/P$, лм/Вт. Некоторые источники света имеют следующую световую отдачу и соответствующий КПД:

	η , лм/Вт	КПД, %
Монохроматическое излучение с длиной волны 555 нм	680	100
Излучение белого света E с равноэнергетическим спектром	242	35,5
Дуговая лампа интенсивного горения	40—50	6—7,5
Люминесцентная лампа	35—60	5—9
Вольфрам при плавлении	55	8,1
Ксеноновые шаровые лампы сверхвысокого давления	30—40	4,4—5,8
Ксеноновые трубчатые лампы	28—31	4,1—4,5
Различные вольфрамовые лампы	9—34	1,3—5,1

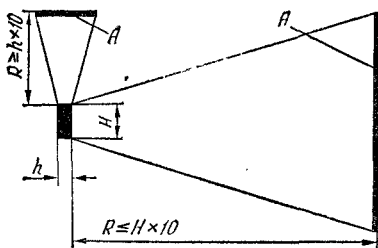


Рис. 12. Примеры для определения точечного источника излучения в зависимости от направления восприятия

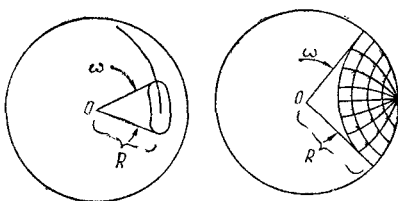


Рис. 13. Телесный угол в объеме сферы

19. Точечный источник света — гипотетический излучатель с бесконечно малыми размерами, принятый в качестве понятия для определения световых величин. Типичный точечный источник — звезда. Диаметры звезд измеряются малыми угловыми долями секунды. Вследствие дифракции и аббераций глаза на его сетчатке звезда изображается пятном диаметром не менее одной угловой минуты. Поэтому точечным можно считать любой источник, угловой диаметр которого не превышает минуты. Источники излучений в светотехнике имеют габаритные размеры, поэтому источник может считаться точечным (в данном направлении), если он удовлетворяет условию, при котором расстояние R от излучателя до измеряемой поверхности A превышает максимальные линейные размеры излучателя H или h не менее чем в 10 раз (рис. 12).

20. Телесный угол (рис. 13) — центральный пространственный угол ω , ограниченный конусом с радиусом R и вырезающий на поверхности сферы соответствующую площадь. За единицу телесного угла принят угол 1стерадиан, вырезающий на поверхности сферы площадь A , равную квадрату радиуса R : $\omega = A/R^2$; ср, или $\omega = 2\pi (1 - \cos \alpha)$, ср. Сумма телесных углов в сфере вокруг центра составляет 4π стерадиан (12,57 ср). Объем сферы — это наибольший телесный угол вокруг точки. При начертании на плоскости плоский угол α при вершине телесного угла $\omega = 1$ ср равен около $65,5^\circ$. Перевод плоского угла в телесный определяется по формуле $\omega = 2\pi (1 - \cos \alpha) = 4\pi \sin^2 \alpha$.

21. Сила света I (источника в некотором направлении) — отношение светового потока, исходящего из источника и распространяющегося внутри элементарного телесного угла, содержащего заданное направление, к этому элементарному телесному углу: $I = \Phi/\omega$, кд (люмен на стерадиан). Применение силы света практически относится к точечным источникам, размеры которых значительно меньше расстояния до освещаемой поверхности. Если источником является светящаяся плоскость, каждая точка которой излучает свет, то сила света такой плоскости определяется по закону Ламберта (рис. 14): $I = I_0 \cos \alpha$, где I_0 — сила света в направлении нормали; α — угол между направлением излучения и нормалью к поверхности.

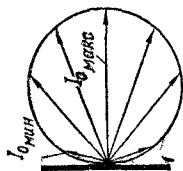


Рис. 14. К пояснению закона Ламберта

Светящаяся плоскость излучает свет по закону, описываемому окружностью, не в сферу и не в полусферу, поскольку по мере увеличения угла α к нормали плоскости сила света уменьшается и при $\alpha = 90^\circ$ равна нулю. Световой поток в этом направлении также равен нулю. Полный световой поток, излучаемый плоскостью, $\Phi = \pi I_0$, откуда сила света излучаемой площадки по нормали $I_0 = \Phi/\pi$.

22. Освечиваемость O — излучение, характеризующееся силой света, изменяющейся во времени: $O = It$, кд · с (кандела в секунду). Освечиваемость в основном относится к импульсным источникам света (отличается от экспозиции $H = Et$, лк · с).

23. Освещенность E (в точке поверхности) — отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий данную точку, к площади этого элемента: $E = \Phi/A$, лк (люмен на квадратный метр). Если в этой формуле излучение выразить не световым потоком Φ , а силой света $I = \Phi/\omega$ и поверхность A телесным углом $\omega = A/R^2$, то освещенность $E = I\omega/\omega R^2$, или $E = I/l^2$. Если длину радиуса R заменить расстоянием l , то освещенность $E = I/l^2$, лк. Освещенность 1 лк создается излучателем с силой света 1 кд на расстоянии 1 м.

В зарубежной светотехнике за единицу освещенности принята фут-кандела (фг · кд), при которой на один квадратный фут поверхности падает поток 1 лм. Поскольку $1 \text{ м}^2 = 10,764 \text{ фг}^2$, то $1 \text{ фг} \cdot \text{кд} = 10,764 \text{ лк}$.

Освещенность характеризуется двумя законами: законом квадратов расстояний и законом косинуса угла.

Первый закон. Освещенность поверхности от точечного источника прямо пропорциональна силе света и обратно пропорциональна квадрату расстояния — $E = I/l^2$ (рис. 15, а); с увеличением расстояния вдвое освещенность падает в четыре раза, с увеличением расстояния вчетверо — в 16 раз.

При падении лучей света от источника с конечными размерами освещенность поверхности изменяется с расстоянием не квадратично, а в зависимости от конфигурации и длины светящихся элементов источника и распределения по ним яркостей. При освещении объектов съемки осветительными приборами закон квадратов расстояний справедлив при условии превышения расстояния относительно максимальных размеров выходного отверстия прибора не менее чем в 10 раз (см. рис. 12).

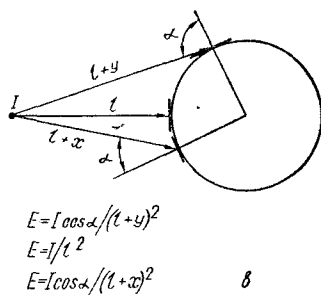
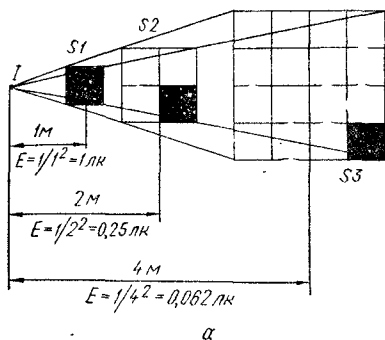
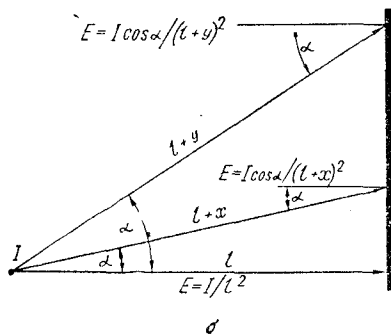


Рис. 15. Зависимость освещенности:

а — от квадратов расстояний; б — от угла наклона поверхности к направлению лучей; в — в различных точках сферы



Второй закон. Освещенность поверхности прямо пропорциональна косинусу угла падения лучей света к нормали — $E = I \cos \alpha / l^2$ (рис. 15, б); при перпендикулярном падении света на поверхность от точечного источника ($\alpha = 0$, $\cos \alpha = 1$) освещенность максимальна в точке нормали

к поверхности. С удалением от этой точки освещенность поверхности уменьшается ($\alpha > 0$, $\cos \alpha < 1$). При освещении объекта съемки действуют одновременно оба закона освещенности.

Освещенность можно определить через светимость $M = \rho \Phi / A$ (24), где $\rho = \Phi_r / \Phi$ — коэффициент отражения поверхности; Φ_r и Φ — отраженный и падающий потоки. Разделив числитель и знаменатель на общую для них величину поверхности A , получим $\rho = \Phi_r : A / \Phi : A$, где $\Phi_r / A = M$ — светимость; $\Phi / A = E$ — освещенность. Поэтому $\rho = M / E$, откуда $E = M / \rho$ и $M = \rho E$.

Освещенность можно определить через яркость B . Для этого, сравнивая выражения светимости $M = \rho E$ и $M = \pi B$ (24), находим, что $\pi B = \rho E$, откуда $E = \pi B / \rho$, а $B = \rho E / \pi$, кд/м² или $B = \rho E$, асб (25).

24. Светимость M (старое обозначение R) — поверхностная плотность светового потока, равномерно излучаемого или отражаемого поверхностью во всех направлениях: $M = \rho \Phi / A$, лм/м² (люмен с квад-

ратного метра). Размерность светимости и освещенности одинакова ($M = \text{лм/м}^2$ и $E = \text{лм/м}^2$), различие заключается в направлении потока: для E — падающий поток Φ , для M — отраженный поток Φ_r (в случае тела, пропускающего световой поток — Φ_τ).

Светимость зависит от свойств поверхности. Для диффузных, подчиняющихся закону косинусов (23), отраженный световой поток определяется выражением $\Phi = \pi I$, лм, где π имеет размерность пространственного угла.

Светимость можно определить через яркость B . Для этого обе части приведенного выражения $\Phi = \pi I$ делятся на общую для них площадь A : $\Phi/A = \pi (I/A)$. Отсюда следует, что $\Phi/A = M$ — светимость, а $I/A = B$ — яркость в направлении нормали, следовательно $M = \pi B$.

25. Яркость B^* — это отношение силы света, излучаемого в данном направлении, к площади проекции светящейся поверхности на

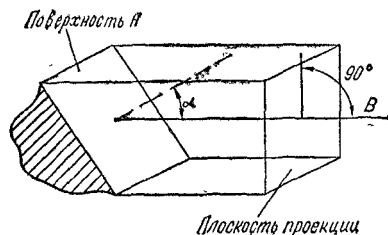


Рис. 16. Схема определения яркости поверхности

плоскость, перпендикулярную к данному направлению (рис. 16), выражается в канделах с квадратного метра — $B = I/\cos \alpha$, кд/м². В направлении нормали к поверхности, когда $\cos \alpha = 1$, яркость $B = I/A$, кд/м². Восприятие яркости показано на рис. 17.

Яркость можно определить из освещенности E (23, 24), сравнивая светимости $M = \pi B$ и $M = \rho E$ и получая $\rho E = \pi B$, откуда $E = \pi B/\rho$ и $B = \rho E/\pi$, кд/м².

В литературе по вопросам кинофототехники применяются не-

стандартная единица яркости апостильб (асб) — яркость абсолютно белой поверхности с диффузным отражением, имеющей освещенность 1 лк: 1 асб = $1/\pi = 0,318$ кд/м². Яркость в апостильбах определяется как произведение освещенности на коэффициент отражения поверхности: $B = \rho E$, асб. Эта формула наиболее приемлема для экспониметрических расчетов в фотографии, поскольку связывает освещенность поверхности с ее коэффициентом отражения и позволяет быстро сравнивать относительные яркости элементов объекта.

Другими нестандартными величинами яркости, встречающимися в литературе, являются: нит (нт), численно равный 1 кд/м²; стильб (сб), равный 10 000 кд/м²; неметрическая величина фут-ламберт (фт · лмбт).

Ниже приведены соотношения единицы яркости с нестандартными величинами.

	кд/м ²	асб	сб	лмбт	млмбт	фт · лмбт	кд/фт ²
Кандела/м ²	1	3,14	0,0001	0,000314	0,3142	0,2919	0,0929
Апостильб	0,318	1	0,000032	0,0001	0,1	0,0929	0,0296
Стильб	10 000	31416	1	3,14	3142	2919	929
Ламберт	3183	10 000	0,318	1	1000	929	296
Миллиламберт	3,18	20	0,000318	0,001	1	0,929	0,296
Фут-ламберт	3,43	10,764	0,000343	0,0011	1,0764	1	0,318
Кандела/фт ²	10,764	33,82	0,001	0,034	3,382	3,14	1

* В периодических изданиях яркость обозначается буквой L .

Независимость яркости от расстояния. Оптические системы глаза и съемочной камеры принципиально одинаковы, поэтому независимость яркости от расстояния характерна как для зрительного восприятия, так и для фотографического воспроизведения яркостей (рис. 18). Яркость площади A создает на светоприемнике — сетчатке глаза или светочувствительном материале в съемочной камере — освещенность E на площади изображения a . Сила света, излучаемого поверхностью A , равна световому потоку в телесном угле: $I = \Phi/\omega$, откуда $\Phi = I\omega$. Освещенность площади изображения a выражается

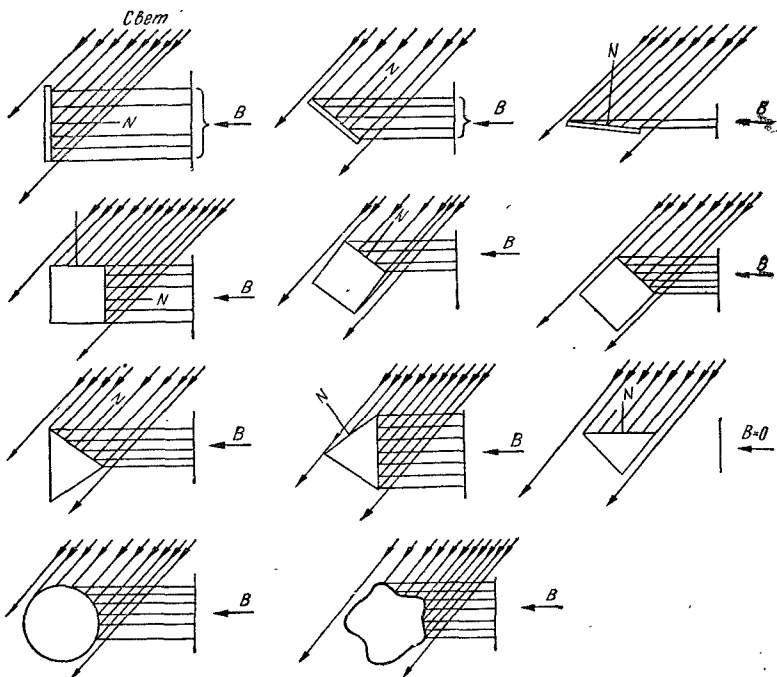


Рис. 17. Схемы восприятия яркости различных тел

отношением падающего потока Φ к площади a : $E = \Phi/a$. На рис. 18, a телесный угол равен $\omega = S/l^2$. Заменяя обозначение площади зрачка глаза S ее математической величиной ($S = d^2/4$), получаем значение телесного угла $\omega = \pi d^2/4l^2$, где d — диаметр зрачка S или диаметр отверстия объектива (рис. 18, б). Из подобия пирамид с основаниями A и a (рис. 18, в) видно, что площади этих оснований относятся друг к другу как квадраты высот l^2 и f^2 , т. е. $A/a = l^2/f^2$, где f — фокусное расстояние глаза или объектива съемочной камеры. Подставляя в формулу освещенности ($E = I\omega/a$) значения ω и площади a , получаем выражение освещенности на светоприемнике: $E = (\pi/4) (I/A) \times (d^2/f^2)$. В этом выражении I/A — яркость наблюдаемой площади A . Подставляя выражение яркости в формулу освещенности, получаем $E = (\pi/4) (Bd^2/f^2)$, где E — освещенность на сетчатке глаза или светочувствительном материале камеры; B — яркость поверхно-

сти предмета A ; d^2/f^2 — светосила глаза или объектива камеры. Отсюда видно, что освещенность изображения объекта съемки или объекта наблюдения зависит только от его яркости и светосилы объектива (глаза) и не зависит от расстояния при условии прозрачности воздушной среды.

Следовательно, удаление ярких предметов от съемочной камеры при неизменной освещенности этих предметов не изменяет их плотности в негативе и позволяет экспонетрически оценивать интервал яркостей объекта поэлементно, независимо от его расположения относительно камеры.

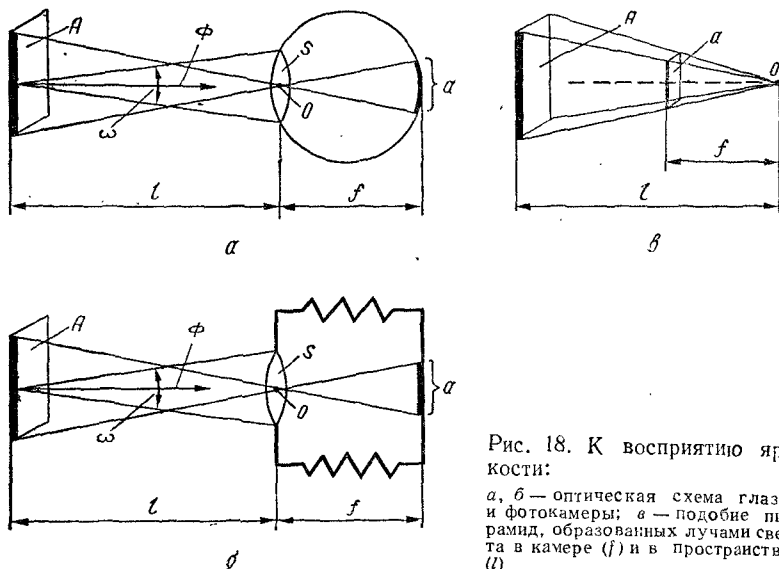


Рис. 18. К восприятию яркости:

$a, б$ — оптическая схема глаза и фотокамеры; $в$ — подобие пирамид, образованных лучами света в камере (f) и в пространстве (l)

Коэффициент яркости r — отношение яркости поверхности B в данном направлении (см. рис. 16) к яркости абсолютно белой поверхности B_0 с $\rho = 1$, имеющей ту же освещенность: $r_\alpha = B_\alpha/B_0$. Для диффузно отражающей поверхности коэффициент яркости равен коэффициенту отражения, поскольку $B_\alpha = \rho E/\pi$, а $B_0 = E/\pi$ (без ρ). Отсюда $r = (\rho E/\pi) : (E/\pi) = \rho E\pi/E\pi = \rho$, т. е. $r = \rho$.

Для направленно-рассеянного или смешанного отражения коэффициент яркости может быть больше 1 за счет зеркальной составляющей отраженного светового потока. Индикатриса яркости (30) характеризует блеск или глянец материала, т. е. относительную величину направленной составляющей отраженного света. Коэффициент яркости в пределах ограниченного телесного угла характеризует увеличение светового потока в одном определенном направлении с уменьшением его величины в других направлениях.

26. Экспозиция H — количество освещения, получаемого поверхностью за промежуток времени: $H = Et$, лк · с (люкс в секунду). Экспозиция H , относящаяся к экспонированию фотослоя, отличается от освещиваемости $O = It$, кд · с, относящейся к освещению объекта лампами-вспышками (22).

27. Сводная таблица световых величин и единиц

Световой поток $\Phi = I\omega = 4\pi I$	лм — люмен
Световая отдача $\eta = \Phi/P$	лм/Вт — люмен на ватт
Световая энергия $Q = \Phi t$	лм · с — люмен в секунду
Сила света $I = \Phi/\omega = E l^2/\cos \alpha$	кд — кандела
Освещенность $E = \Phi/A = I \cos \alpha/l^2$	лк — люкс
Освечиваемость $O = I t$	кд · с — кандела в секунду
Экспозиция $H = E t$	лк · с — люкс в секунду
Светимость $M = \rho \Phi/A$	лм/м ² — люмен с квадратного метра
Яркость $B = I/A \cos \alpha = \rho E/\pi$	кд/м ² — кандела на квадратный метр

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

По степени неровности различаются зеркальные и шероховатые поверхности предметов, а тела и среды — однородные и неоднородные. Свет, падая на поверхность, претерпевает физические изменения, характеризующиеся его переходом из одной среды в другую. При этом явлении происходит изменение его направления — преломление, разномобразии которого создает рассеяние света. В зависимости от физического строения тела или среды рассеяние проявляется в отражении, пропускании или поглощении светового потока. Наиболее выраженное явление принимается характерным для данного тела и выделяется соответствующим коэффициентом.

Различается три вида рассеяния: *геометрическое* — характерно рассеянием света на крупных частичках различных веществ, размеры которых во много раз превышают длину волны падающего света (поверхности, мутные среды в атмосфере и жидкостях). Подчиняется геометрическим законам отражения света;

дифракционное — характерно соизмеримостью длины волны света с размерами рассеивающих частиц. Основано на огибании частиц световыми волнами;

молекулярное или Рэлеяское (по имени открывателя) — происходит при взаимодействии света с частицами среды (молекулами), размер которых значительно меньше длины волны. Примером может служить рассеяние света воздухом атмосферы, вызывающее свечение неба синим цветом (112).

28. Оптические коэффициенты предметов и сред имеют физическое значение и связаны между собой зависимостью $\rho + \tau + \alpha = 1$. Все изменения падающего света распространяются на точно определенную долю в его спектре и зависят от физического свойства тела и длины волны, но не зависят от силы падающего света. В фотографии оптические коэффициенты характеризуют в основном поверхности предметов в соответствии со зрительными оценками их светлоты. Тела, пропускающие свет (кроме матовых и мутных сред), характеризуются оптической прозрачностью Θ , непрозрачностью O и оптической плотностью D .

Коэффициент отражения ρ — отношение отраженного светового потока к падающему $\rho = \Phi_r/\Phi$, характеризует светлоту поверхности в процентах ($\rho 100$) относительно идеально белой с $\rho = 1$, $\rho = 100\%$.

Коэффициент пропускания τ — отношение пропущенного светового потока к падающему — $\tau = \Phi_t/\Phi$, характеризует прозрачность тел и сред.

Коэффициент поглощения α — отношение поглощенного светового потока к падающему — $\alpha = \Phi_{\alpha} / \Phi$, характеризует в основном оптическую плотность среды, ослабляющую световой поток.

29. Поверхностно отраженный свет — это предельно малая постоянная часть света, упавшего на внешнюю поверхность раздела воздух — среда, не проникающая за границу раздела и отражающаяся в сторону источника света с тем же спектральным составом. Все тела, независимо от физического состояния, цвета, структуры поверхности и взаимодействия со светом, отражают поверхностный свет. Его величина для различных материалов колеблется от 4 до 0,2 % отражения (черное сукно, бархат, мех). Оптическая плотность черного бархата в отраженном свете достигает $D = 2,4$ ($\rho = 0,006$) и объясняется многократным преломлением света среди ворсинок, значительно ослабляющим поверхностно отраженную составляющую. Для поверхностей, отражающих свет зеркально (стекло, полированные поверхности),

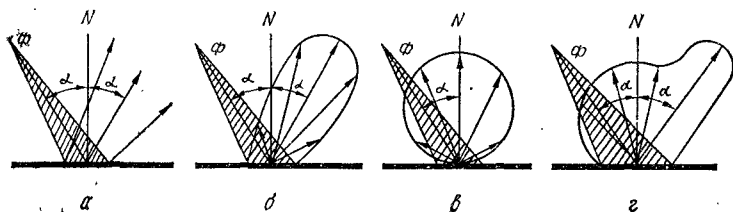


Рис. 19. Виды отражения светового потока:

a — направленное (зеркальное); $б$ — направленно-рассеянное; $в$ — диффузное; $г$ — смешанное (диффузно-направленное)

кроме основного зеркально отраженного под определенным углом света, наблюдается поверхностно отраженная составляющая, характеризующаяся микрорельефом поверхности.

30. Отражение светового потока. Свет, упавший на поверхность предмета (не металла), отражается от него двумя частями: первой — поверхностно отраженной составляющей и второй — основным отраженным светом от верхних слоев вещества за границей раздела воздух — поверхность, претерпевая рассеяние в разные стороны (внутренне отражаемая часть). Обе части рассеиваются в сторону источника света, образуя отраженный свет. В зависимости от физического состояния вещества обе отраженные части могут иметь значительные расхождения по интенсивности. Например, белая бумага характерна отраженным светом, а черный бархат — поверхностно отраженным, создающим некоторую белесоватость фактуры бархата. Спектр отражения большинства тел определяется внутренне отраженной частью света и может быть любого состава. Цвет металла определяется избирательностью поверхностно отраженной составляющей. Зеркальное отражение сохраняет спектральный состав света.

Отражение светового потока подразделяется на четыре вида (рис. 19, a — $г$): направленное (зеркальное), направленно-рассеянное, диффузное (равномерное во все стороны) и смешанное. Пространственное распределение отраженного света определяется структурой поверхности. Отражение света металлами зависит от их электропроводности. Большой коэффициент отражения характерен для металлов с большей электропроводностью. Отражение света от диэлектриков зависит от их показателя преломления. Для непрозрачных по-

верхностей большая часть света возвращается в сторону источника. При этом возвращенный свет является смесью излучений, претерпевших самые различные степени избирательного поглощения, и выражается цветом.

Отражение белого света увеличивается за счет покрытия поверхностей специальными светоотражающими составами (серно-кислым барием или магнием). Для уменьшения отражения и увеличения пропускания света объективами на поверхность линз наносят просветляющие покрытия. Уменьшение отражения черных тел для придания им большей черноты достигается покрытием их поверхностей слоем вещества, близким по показателю преломления (например, лаком или водой). В результате из-за гладкости покрытия поверхность отраженный свет становится меньшим и поверхность кажется более черной. При этом выявляется зеркальное отражение — свет отбрасывается в сторону или выступает в виде блика.

Направленное (зеркальное) отражение (рис. 19, а) характерно для гладких и полированных поверхностей, неровности которых малы относительно длины волны падающего света. Зеркальное отражение определяется концентрацией светового потока в некотором телесном угле, направление оси которого определяется законами зеркального отражения. Телесный угол падающего и отраженного потоков сохраняется по величине и форме. Яркость зеркально отраженного потока соизмерима с яркостью источника.

Для зеркального отражения справедливы три закона: первый — лучи падающий и отраженный находится в одной плоскости с нормалью в точке падения; второй — углы падения и отражения относительно нормали равны; третий — для зеркально отраженного света применяется закон квадратов расстояний (23), начиная от его изображения в зеркале поверхности.

Направленно-рассеянное отражение (рис. 19, б) — это совокупность зеркального и рассеянного светового потока в телесном угле, отличном от телесного угла падающего потока в сторону увеличения. Направление оси отраженного потока соответствует закону зеркального отражения. Границы рассеянной части отраженного потока зависят от физических свойств тела. Для этого вида отражения применим закон квадратов расстояний (23). Общий коэффициент отражения равен сумме рассеянного и зеркального отражений. Направленно-рассеянным отражением обладает глянцевая бумага, матированный металл, крашенные поверхности и др. При отражении от таких поверхностей источник света виден расплывчатым пятном.

Диффузное (равнояркое) отражение (рис. 19, в) характерно для матовых и шероховатых поверхностей с беспорядочными микронеровностями, по величине превышающими или соизмеримыми с длиной волны падающего света. Диффузное отражение является условием видимости окружающих тел, так как каждая точка освещенной поверхности испускает отраженные лучи во все стороны. При отсутствии диффузного отражения тела не видны (воздух, стекло на просвет).

Диффузное отражение характеризуется равномерным отражением света в пределах телесного угла 2π ср, расположенного над отражающей поверхностью в полусфере, независимо от направления падающего светового потока, и описывается законом Ламберта, по которому яркость постоянна для любого угла рассматривания диффузной поверхности, а сила света в зависимости от угла α изменяется по закону косинуса. На рис. 20, а равнояркое отражение изображена сплошной полуокружностью с радиусом R , а изменение силы света диффузно отражающей поверхности — штриховой окружностью.

Одинаковая во всех направлениях яркость $B = B_\alpha = B_\perp$. Поскольку (25) $B_\alpha = I_\alpha / \cos \alpha$, а $B_\perp = I_\perp / A$, из этих выражений следует, что $I_\perp / A = I_\alpha / A \cos \alpha$, отсюда $I_\alpha = I_\perp \cos \alpha$, т. е. сила света диффузной поверхности в любом направлении изменяется пропорционально $\cos \alpha$ к нормали.

Световой поток, излучаемый диффузной поверхностью, определяется по силе света этой поверхности в направлении нормали. Для любого источника света (16, см. рис. 13) световой поток — сила света в телесном угле: $\Phi = I\omega$. Для диффузной поверхности, излучающей свет (рис. 20, б), $\Phi = B\omega$, где $\omega = A/R^2$; для этой формулы поверхность A — это проекция полусферы (сумма площадок ΔA) на плоскость большого круга с радиусом R , площадь которого $A = \pi R^2$. Следовательно, $\Phi = B\pi(R^2/R^2) = B\pi$, или $\Phi_\rho = \pi I_\perp$, лм.

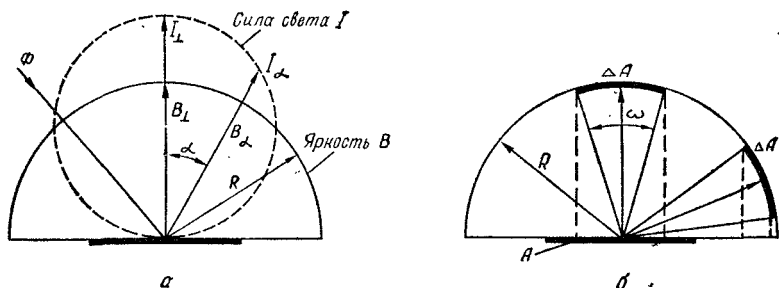


Рис. 20. Графическое пояснение законов отражения поверхности:

а — равное отражение во всех направлениях яркости; б — уменьшение силы света с увеличением угла α к нормали

Яркость диффузной поверхности определяется через отраженный ею световой поток и освещенность: $\Phi_\rho = \rho EA$, т. е. $\pi B = \rho EA$, откуда $\rho E = \pi (I_\perp / A)$. Так как $I_\perp / A$ — есть яркость поверхности, то $\pi B = \rho E$, или $B = \rho (E/\pi)$ кд/м². Для диффузно отражающей идеально белой поверхности коэффициент отражения равен коэффициенту яркости: $\rho = r$.

Смешанное отражение (рис. 19, г) характерно направленным и диффузным отражением поверхности одновременно. Коэффициент яркости для таких поверхностей в сторону направленного отражения может быть больше единицы.

31. Пропускание светового потока (рис. 21) различается направленное, направленно-рассеянное, диффузное и смешанное. В зависимости от материала пропускающего тела световой поток может проходить во всем спектре длин волн светового диапазона или избирательно — по цветовым зонам спектра или монохроматично. Особенностью пропускания является частичное отражение светового потока от поверхности в месте его падения (29). Коэффициент пропускания связан с оптической плотностью D соотношением $\tau = 10/D$ или $D = -\lg \tau$. Пропускание светового потока телом или средой наглядно выражено кривой спектральной зависимости коэффициента пропускания от длины волны белого света в нанометрах.

Направленное пропускание (рис. 21, а) характерно прямым прохождением света через прозрачные тела в одном и том же телесном угле при совпадении направления падающего и пропущенного потоков

(прозрачные пластмассы, стекло). Рассеяние света в прозрачной среде пренебрежимо мало. Ось пропущенного потока смещена за счет преломления света средой.

Направленно-рассеянное пропускание (рис. 21, б) характерно большим телесным углом пропущенного рассеянного потока, сохраняющего направление падающего потока. Источник излучения в проходящем свете виден расплывчатым (пластмасса, матированное стекло).

Диффузное пропускание (рис. 21, в) характерно равномерным распределением пропущенного светового потока во всех направлениях внутри телесного угла 2π стерадиан, расположенного за пропускающим телом. Источник света из-за полного рассеяния не виден. Подобные тела кажутся самосветящимися (молочные, опаловые стекла и аналогичные пластмассы).

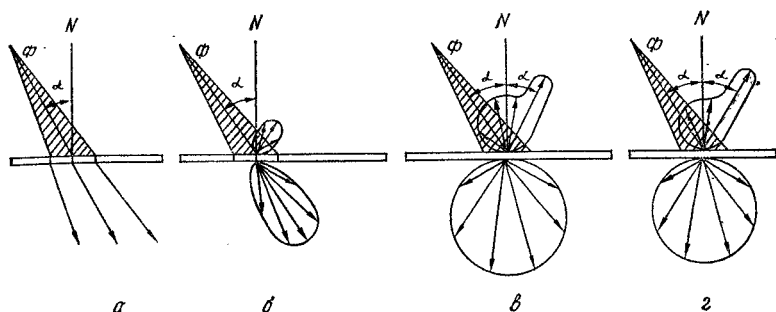


Рис. 21. Виды пропускания светового потока:

а — направленное; б — направленно-рассеянное; в — диффузное; г — смешанное

Смешанное пропускание (рис. 21, г) характерно совокупностью диффузного пропускания светового потока с рассеянно-направленным, ось которого совпадает с осью падающего потока (проявленный фотослой).

32. Поглощение светового потока зависит от длины волны и характеризуется избирательным и неизбирательным рассеянием света в различных однородных и неоднородных средах, к которым в фотографии относятся светофильтры, негативные и позитивные изображения, светочувствительные слои и др. Все прозрачные слои характеризуются спектральными полосами поглощения от долей до сотен нанометров, определяющими окраску среды в проходящем белом свете. Например, стекло толщиной 10 мм поглощает 10 % света; атмосфера земли различно поглощает свет в зависимости от высоты солнца над горизонтом; на большую глубину моря свет не проходит совершенно. Поглощение света прозрачными телами с равномерным распределением в них светопоглощающего вещества объясняется тремя законами Бугера—Ламберта—Бера: первый — с увеличением толщины поглощающего слоя световой поток поглощается экспоненциально с экспоненциальным уменьшением пропускаемого потока; второй — слои вещества определенной толщины поглощают определенную часть монохроматического светового потока; третий — степень поглощения света прямо пропорциональна концентрации поглощающего вещества.

Поглощающую способность прозрачной среды принято оценивать единичной толщиной ее слоя l с определенной концентрацией в ней по-

глощающего вещества c . За единицу толщины слоя принят 1 мм, а концентрация выражается в г/см³. Практически концентрация светопоглощающего вещества принимается постоянной, а толщина слоя выбирается в зависимости от требований к степени избирательности поглощения. Это правило применяется в основном для однородных чисто прозрачных сред, например светофильтров, и с достаточной точностью — для изображений цветных негативов и позитивов, получаемых из красителей на многослойных цветных пленках.

При одинаковой концентрации светопоглощающего вещества увеличение толщины слоя приводит к увеличению спектральной избирательности поглощения (насыщенности) и уменьшению количества пропущенного света. Примером могут служить зеленые фильтры из окрашенного в массу стекла ЗС-1 толщиной 1 мм (рис. 22). Рассеяние света в мутных и оптически неоднородных средах характерно отклонением от зависимостей, показанных законом Бугера — Ламберта — Бера. Светопоглощением характеризуются прозрачные тела (стекло, светофильтры) и фотографические слои (негативы и позитивы на прозрачной подложке).

В фотографии поглощение в основном характеризуется оптической плотностью D . Плотность прямо пропорциональна концентрации светопоглощающего вещества c в слое и его толщине l : $D = Kcl$, где K — число, по-

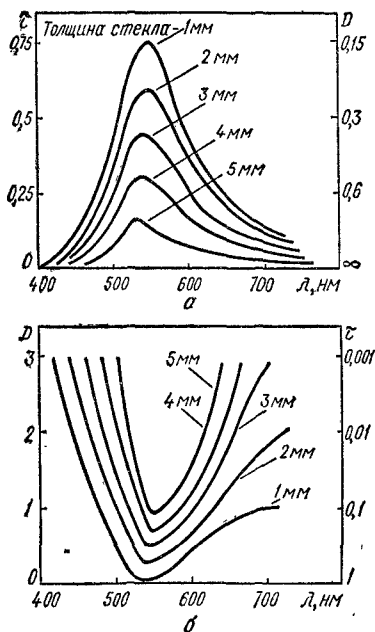


Рис. 22. Спектральные кривые зеленых светофильтров из стекла ЗС-1 при разных толщинах в величинах τ (а) и D (б)

казывающее степень монохроматического поглощения данного вещества в слое 1 мм (удельная плотность).

Численно оптическая плотность D определяется как десятичный логарифм величины, обратной коэффициенту пропускания. За единицу оптической плотности принимается плотность, ослабляющая падающий поток в 10 раз. Суммарная оптическая плотность двух и более светопоглощающих слоев (например светофильтров) равна сумме оптических плотностей каждого слоя (фильтра). Графически характеристика поглощения выражается кривой зависимости оптической плотности D от длины волны белого света λ , нм.

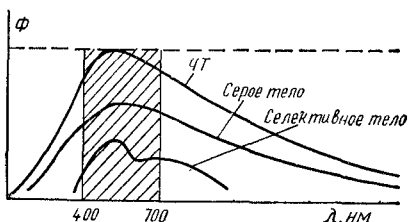
33. **Оптическая прозрачность** Θ (старое название T) — характеристика вещества толщиной 1 см, показывающая, какая доля излучения заданного спектра в виде параллельных лучей проходит через него без изменения направления: $\Theta = \Phi_t / \Phi$. Оптическая прозрачность связана не с пропусканием излучения вообще, а с его *направленным пропусканием* и характеризует одновременно поглощение и рассеяние. Например, матовое стекло, оптически непрозрачное, пропускает

рассеянный свет; УФ фильтры прозрачны для видимого света и непрозрачны для УФ излучения; черные ИК фильтры пропускают ИК излучение и не пропускают видимый свет.

Оптическую прозрачность определяет кривая спектрального пропускания для длин волн оптического диапазона излучений. Прозрачность объектов для белого света увеличивается при нанесении на линзы просветляющих покрытий. Прозрачность атмосферы зависит от наличия в ней мелких частиц пыли, газа, водяных паров, находящихся во взвешенном состоянии и влияющих на характер освещения и рисунок изображения при съемке. Прозрачность воды зависит от различных взвесей, муты и толщины ее слоя.

34. Оптическая непрозрачность O — отношение падающего светового потока к прошедшему через слой — величина, обратная прозрачности: $O = \Phi/\Phi_{\tau} = 1/\Theta$. Непрозрачность может изменяться от единицы (полное пропускание) до бесконечности и показывает, во сколько раз уменьшается свет, проходя через слой. Непрозрачность характеризует плотность среды. Переход к оптической плотности выражается десятичным логарифмом непрозрачности: $D = -\lg O = \lg(1/\tau) = -\lg \tau$ (40).

Рис. 23. Сравнительные спектральные кривые излучений селективного серого и черного тел



35. Спектральные отличия тел. По характеру излучения и поглощения светового потока все тела отличаются от ЧТ и условно делятся на селективные и серые, отличающиеся избирательным и неизбирательным поглощением, отражением и пропусканием. К селективным относятся хроматические тела, обладающие какой-либо цветностью, к серым — ахроматические. Термин «серый» характеризуется двумя признаками: характером излучения и поглощения относительно ЧТ и цветом поверхности, наблюдаемым в обиходе. Второй признак широко используется при визуальном определении цвета ахроматических тел — белых, серых и черных, отражающих спектр соответственно белого света от единицы до нуля.

36. Серое тело обладает степенью поглощения света, близкой к поглощению ЧТ. Коэффициент поглощения ЧТ равен 1, а серого тела — близок к 1 и также не зависит от длины волны излучения или поглощения. Распределение энергии, излучаемой по спектру, у серых тел для каждой данной температуры подобно распределению энергии ЧТ при той же температуре, но интенсивность излучения меньше в несколько раз (рис. 23). Для несерых тел поглощение избирательно и зависит от длины волны, поэтому они считаются серыми лишь в определенных, узких интервалах длин волн, для которых коэффициент поглощения приблизительно постоянен. В видимой области спектра свойствами серого тела обладают уголь ($\alpha = 0,8$), сажа ($\alpha = 0,95$) и платиновая чернь ($\alpha = 0,99$).

37. Селективные (избирательные) тела обладают цветом и характеризуются кривыми зависимости коэффициентов отражения, пропускания или поглощения от длины волны падающего излучения. При освещении белым светом цвет поверхности таких тел определяется по максимальным величинам кривой спектрального отражения или по минимальной величине кривой спектрального поглощения. Цвет

прозрачных тел (светофильтров) определяется в основном кривой поглощения (плотностью D) или кривой пропускания τ . Кривые спектрального поглощения и пропускания характеризуют вещество селективных тел только для белого света. При их освещении цветным светом кривые спектрального отражения или пропускания меняются.

38. Белый, серый и черный цвет тел — это визуальное ощущение ахроматичности, примененное к отражению поверхностей и пропусканию прозрачных сред. Ахроматичность графически выражается горизонтальной прямой или едва заметной волнистой линией, параллельной оси абсцисс и расположенной на различном уровне оси ординат в световом диапазоне длин волн (рис. 24, а, б, в). Ощущение белого цвета создают поверхности с наибольшим равномерным коэффициентом

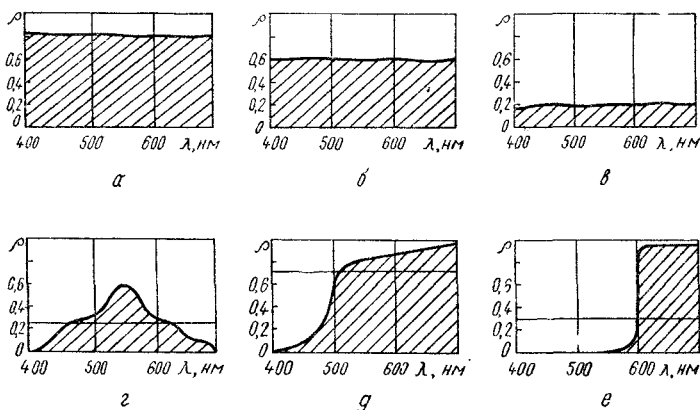


Рис. 24. Кривые светлот поверхностей:

а — идеально белой; б — светло-серой; в — средне-серой; г — зеленой; д — желтой; е — красной

отражения по спектру ($\rho = 0,9 \dots 0,7$ — белые бумаги). Поверхности серого цвета имеют равномерный коэффициент отражения $\rho = 0,5 \dots 0,05$. Черные поверхности имеют $\rho = 0,05 \dots 0,005$ (черное сукно, бархат, мех). Разграничение это приблизительно и условно. Для прозрачных сред (например нейтральных серых светофильтров) характеристика ахроматичности также выражается горизонтальной линией поглощения (плотностью D , показывающей в какой степени ослабляется белый свет).

39. Светлота поверхности — это относительная степень зрительного ощущения, возникающего в результате действия цвета отраженного излучения на три цветоощущающих центра зрения (119). Графически светлота выражается суммарной плотностью этого излучения в диапазоне белого света (125). В общей светотехнике светлота неправильно используется для зрительной количественной оценки различия двух смежных поверхностей, различающихся по яркости.

Светлота белой поверхности, освещенной белым светом. В качестве 100 %-ной принимается светлота идеально белой поверхности (покрытой серноокислым барием или магнием) с $\rho = 0,99$. При этом характеризующая ее площадь на графике (рис. 24, а) ограничивается линией светлоты на уровне $\rho = 1$ или 100 %. На практике белыми считаются поверхности, светлота которых соответствует 80—

90 % ($\rho = 0,8...0,9$). Линия светлоты серых поверхностей приближается к оси абсцисс (рис. 24, в), поскольку они отражают часть белого света. Линия светлоты черного бархата, практически не отражающего света, совмещается с осью абсцисс.

Светлота цветных поверхностей, освещенных белым светом, определяется на графике площадью, ограниченной кривой спектрального коэффициента отражения. Поскольку бесформенная площадь не может отразить количественную степень светлоты, она переводится в площадь прямоугольника с основанием на оси абсцисс (рис. 24, г, д, е). Высота прямоугольника определяет светлоту в процентах (125).

Светлота цветных поверхностей, освещенных цветным светом, выражается на графике площадью, ограниченной результирующей кривой, полученной в результате перемножения спектральной характеристики освещения на спектральную характеристику отражения поверхности (143). Если цвет освещения не совпадает с цветом поверхности, то отраженный свет изменяет свой цветовой тон, насыщенность и светлоту.

ОПТИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ

40. Характеристика оптической плотности и единицы. Различается плотность D для белого света, монохроматическая D_λ для отдельных длин волн и зональная $D_{\text{зон}}$, выражающая ослабление светового потока в синей, зеленой или красной зоне спектра ($D_{\text{с.з.}}$, $D_{\text{з.з.}}$, $D_{\text{к.з.}}$). **Плотность прозрачных сред** (светофильтров, негативов) определяется в проходящем свете десятичным логарифмом величины, обратной коэффициенту пропускания τ или непрозрачности O : $D = \lg(1/\tau) = -\lg \tau = \lg O$. **Плотность поверхностей** выражается величиной отраженного света (42) и определяется десятичным логарифмом коэффициента яркости r : $D_r = \lg(1/r) = -\lg r$. Величина плотности $D = 1$ ослабляет свет в 10 раз. В табл. 1 приведены величины коэффициенты пропускания τ в зависимости от оптической плотности D , в табл. 2 — величины D в зависимости от τ .

Соотношения между оптической плотностью, прозрачностью и непрозрачностью:

Оптическая плотность D	Непрозрачность O (степень ослабления)	Прозрачность Θ (степень пропускания)
1	10	1/10
2	100	1/100
3	1000	1/1000
4	10 000	1/10 000
5	100 000	1/100 000
6	1 000 000	1/1 000 000

Интервал оптических плотностей прозрачных сред практически неограничен: от полного пропускания света ($D = 0$) до его полного поглощения ($D = 6$ и более, ослабление в миллионы раз). Интервал плотностей поверхностей предметов ограничен содержанием в их отраженном свете поверхностью отраженной составляющей (29) порядка 4—1 % (черная типографская краска, черное сукно). Практически предельные плотности $D = 2,1...2,4$ имеют черный бархат и черный мех, ограничиваемые поверхностью отраженной составляющей порядка 0,6—0,3 %.

34 1. Соотношения между оптической плотностью D и коэффициентом пропускания τ

D	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	1,0000	0,9772	0,9550	0,9333	0,9120	0,8913	0,8710	0,8511	0,8318	0,8128
0,1	0,7943	0,7762	0,7586	0,7413	0,7244	0,7079	0,6918	0,6761	0,6607	0,6457
0,2	0,6310	0,6166	0,6026	0,5888	0,5754	0,5623	0,5495	0,5370	0,5248	0,5129
0,3	0,5012	0,4898	0,4786	0,4677	0,4571	0,4467	0,4365	0,4266	0,4169	0,4074
0,4	0,3981	0,3890	0,3802	0,3715	0,3631	0,3548	0,3467	0,3388	0,3311	0,3232
0,5	0,3162	0,3090	0,3020	0,2951	0,2884	0,2818	0,2754	0,2692	0,2630	0,2570
0,6	0,2512	0,2455	0,2399	0,2344	0,2291	0,2239	0,2188	0,2138	0,2089	0,2042
0,7	0,1995	0,1950	0,1905	0,1862	0,1820	0,1778	0,1738	0,1698	0,1660	0,1622
0,8	0,1585	0,1549	0,1514	0,1479	0,1445	0,1413	0,1380	0,1349	0,1318	0,1288
0,9	0,1259	0,1230	0,1202	0,1175	0,1148	0,1122	0,1096	0,1072	0,1047	0,1023
1,0	0,1000	0,0998	0,0995	0,0993	0,0991	0,0998	0,0986	0,0984	0,0982	0,0979

2. Соотношения между коэффициентом пропускания τ и оптической плотностью D

τ	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	∞									
0,1	1,00	0,959	0,921	0,886	0,854	0,824	0,796	0,769	0,745	0,721
0,2	0,699	0,678	0,657	0,638	0,620	0,602	0,585	0,569	0,553	0,537
0,3	0,523	0,509	0,495	0,481	0,468	0,456	0,444	0,432	0,420	0,409
0,4	0,398	0,387	0,377	0,367	0,357	0,347	0,337	0,328	0,319	0,310
0,5	0,301	0,292	0,284	0,276	0,268	0,260	0,252	0,244	0,237	0,229
0,6	0,222	0,215	0,208	0,201	0,194	0,187	0,180	0,174	0,168	0,161
0,7	0,155	0,149	0,143	0,137	0,131	0,125	0,119	0,114	0,108	0,102
0,8	0,097	0,092	0,086	0,081	0,076	0,070	0,066	0,060	0,055	0,051
0,9	0,046	0,041	0,036	0,031	0,027	0,022	0,018	0,013	0,009	0,004

Применение в фотографии оптической плотности в качестве меры почернения, общей для пропускания, поглощения или отражения света, обусловлено следующим:

при субъективной оценке почернения негативов преимущественно оценивается плотность, а не прозрачность;

плотность прямо пропорциональна толщине слоя l и количеству в нем светопоглощающего вещества c : $D = Klc$;

плотность ряда слоев, наложенных друг на друга, определяется суммой их плотностей;

ряд яркостей поверхностей воспринимается зрением равномерным, если он выражен равномерным рядом оптических плотностей при $D < 1$.

В фотографии оптическая плотность наиболее распространена для выражения спектральных свойств светофильтров и меры почернения (потемнения) негативов и позитивов. Величина плотности зависит от трех одновременно действующих факторов: структуры падающего светового потока (сходящихся, расходящихся, параллельных лучей или рассеянного света); структуры прошедшего или отражен-

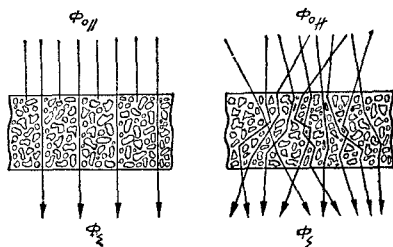


Рис. 25. Пропускание света фотографическим почернением в случае направленного $\Phi_{0||}$ (регулярного) и рассеянного $\Phi_{0\perp}$ (диффузного) светового потока

ного потока (интегрального, регулярного, диффузного); способов измерения или восприятия прошедшего светового потока (контактного или оптически-проекционного). Эти факторы характерно и разнообразно сказываются при фотографической печати изображения.

41. Оптическая плотность в проходящем свете и структура светового потока. Неравномерное распределение зерен серебра в проявленном фотослое определяет оптическую неоднородность фотографического почернения, влияющего на характер прохождения света. Падающий на фотослой световой поток Φ_0 (интегральный $\Phi_{0\Sigma}$, регулярный $\Phi_{0||}$ или диффузный $\Phi_{0\perp}$) претерпевает в его среде поглощение и рассеяние (эффект Калье, рис. 25) и выходит из среды в виде рассеянно-направленного интегрального потока Φ_{Σ} . В его состав входит направленная (регулярная) $\Phi_{||}$ и рассеянная (диффузная) $\Phi_{\perp}$ составляющие (рис. 26, а). На светоприемник, находящийся вблизи почернения в положении 1, падает прошедший интегральный световой поток Φ_{Σ} . В положении 2 на расстоянии от почернения светоприемник воспринимает только регулярную составляющую $\Phi_{||}$.

При освещении фотопочернения диффузным световым потоком $\Phi_{0\perp}$ (молочное или матовое стекло между светом и негативом), прошедший световой поток будет диффузным, но меньшей интенсивности (рис. 26, б). Такое различие в количестве и качестве прошедшего светового потока создает *разницу* в его восприятии (фотографическая печать), выражая тем самым *различную величину оптической плотности*. Способность фотографического почернения или цветного потемнения в различной степени рассеивать свет характеризуется коэффи-

цислом Калье $Q = D_{\parallel} / D_{\perp}$, или $Q = D_{\parallel} / D_{\Sigma}$ (поскольку между $D_{\perp}$ и D_{Σ} отличие незначительное).

42. Оптическая плотность в отраженном свете D_r (плотность поверхности) характеризует отражательную способность предметов, подлежащих съемке, и в значительной степени почернения фотографических отпечатков. Падая на поверхности различных тел, свет преобразуется веществом за границей раздела воздух—поверхность: поглощается, рассеивается и отражается в степени, определяемой

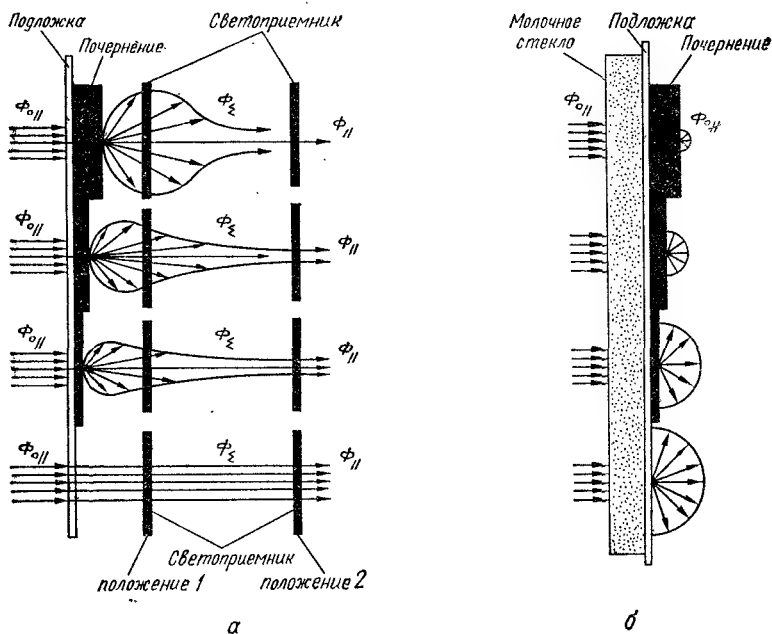


Рис. 26. Схема измерения (восприятия) света, проходящего через фотопочернение:

а — интегральной ϕ_{Σ} и регулярной $\phi_{\parallel}$ составляющих светового потока; б — диффузной составляющей ϕ_{Σ} .

структурным строением вещества и микрорельефом поверхности (крайшим слоем, структурой дерева, камня или ткани). Зрительная оценка по светлоте позволяет выразить световые свойства поверхности оптической плотностью через коэффициент яркости $D_r = -\lg (B/B_{\perp}) = -\lg r$, где B — яркость данной поверхности; $B_{\perp}$ — яркость идеальной диффузно рассеивающей поверхности; r — коэффициент яркости.

Падая на поверхность отпечатка, свет частично ослабляется проявленным серебром, проходит через слой, отражается от баритовой подложки, повторно ослабляется слоем серебра и выходит в сторону источника освещения (рис. 27). Оптическая плотность в этом случае выражается двойным логарифмом пропускания: $D_r = (-\lg \tau) + (-\lg \tau) = -2\lg \tau$.

Оптическая плотность отпечатков в два раза превышает оптическую плотность негативов. Однако это характерно только для малых концентраций проявленного серебра, когда свет, отраженный от подложки позитива, по величине больше света, отраженного от его поверхности. При относительно больших концентрациях серебра на отпечатке падающий свет значительно поглощается серебряным слоем в прямом направлении, а отразившись от подложки, гасится почернением полностью, создавая значительную по величине плотность. В этом случае оптическая плотность отпечатка ограничивается по-

Рис. 27. Схема прохождения света через почернение фотобумаги:

Φ_0 — падающий свет; Φ_r — зеркальная составляющая отраженного света; $\Phi_{\tau+\tau}$ — свет, преобразованный почернением

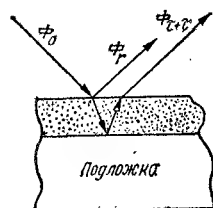


Рис. 28. График зависимости оптической плотности, измеренной в проходящем (А) и отраженном (Б) свете, от концентрации серебра в слое

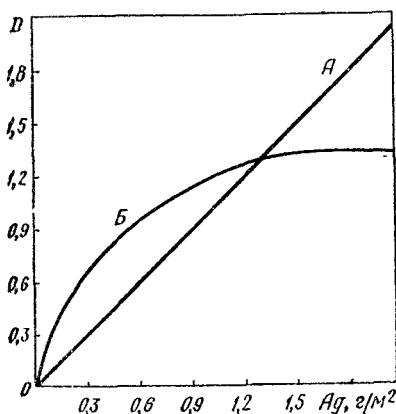
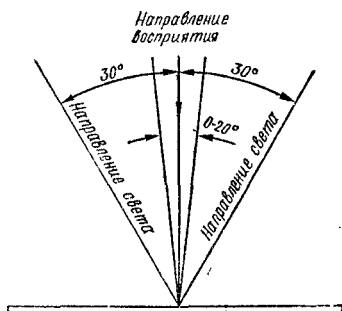


Рис. 29. Схема восприятия оптической плотности в отраженном свете



верхностно отраженной составляющей, разбеливающей почернение и существенно снижающей контраст изображения. Зависимость оптической плотности от концентрации серебра негативов и отпечатков показана на рис. 28. Для матовых фотобумаг, диффузно отражающих свет, максимальная плотность почернения находится в пределах $(1,4-1,6)D_r$, для глянцевых — $(1,8-1,9)D_r$.

Восприятие оптической плотности в отраженном свете оптимально в перпендикулярном направлении к поверхности и направлении света под углом $30-45^\circ$ к нормали (рис. 29). При этом обеспечивается достаточная освещенность для всех видов поверхностей, а для глянцевых или гладких исключается зеркальная составляющая отраженного света. Однако эти условия не критичны. Практически фотоотпечатки рассматриваются в пределах большого пространственного угла и при освещении, 25 % которого составляет рассеянный свет и 75 % — направленный. При этом углы восприятия и освещения могут отклоняться до 10° в обе стороны.

Некоторые современные фотобумаги содержат в подложке оптический отбеливатель с флуоресцирующим составом. При освещении отпечатков дневным светом его ультрафиолетовая часть воздействует на этот состав и к отраженному свету добавляется голубая подсветка, влияющая на градацию яркостей изображения. При искусственном желто-оранжевом освещении, лишенном УФ лучей, и при освещении красным светом в процессе фотопечати градация позитивного изображения различна.

Для фотобумаг с различной поверхностью (глянцевой, матовой и структурной) характер рассеяния отраженного света влияет на величину оптической плотности. Глянцевые бумаги большую часть света отражают зеркально и поверхностно отраженная составляющая настолько мала, что значительно повышает относительно максимальную плотность. Матовые фотобумаги отражают свет диффузно. Для них, при любых углах падения света и восприятия плотности, поверхностно отраженный диффузный свет относительно велик и значительно снижает максимальную оптическую плотность. Структурные фотобумаги по характеру отраженного света находятся между глянцевыми и матовыми.

При измерении оптической плотности в отраженном свете угол восприятия должен быть в направлении нормали внутри телесного угла 10° , а угол падения света $30-40^\circ$ к нормали в телесном угле не более 10° при кольцевом освещении.

43. Классификация оптических плотностей. В зависимости от структуры падающего, способу измерения прошедшего светового потока и типу светоприемника, его воспринимающего, различаются следующие оптические плотности:

регулярная $D_{||}$, интегральная D_{Σ} , диффузная $D_{\#}$, двойная диффузная $D_{\#}$;

эффективная $D_{\text{эф}}$;

фотографически эквивалентная серая плотность $D_{\text{ф.э.с.п.}}$;

визуально эквивалентная серая плотность $D_{\text{в.э.с.п.}}$;

копировальная $D_{\text{к.п.}}$;

колориметрическая D_x , D_y или D_z ;

визуальная $D_{\text{в}}$;

стандартная D .

Для фотоматериалов с прозрачной подложкой оптическая плотность определяется без плотности подложки и неэкспонированного эмульсионного слоя после обработки, называемой в совокупности «нулевой» плотностью или плотностью вуали D_0 .

44. Регулярная плотность $D_{||}$ (рис. 30, а) — плотность, измеренная в регулярной составляющей прошедшего светового потока $\Phi_{||}$ на заданном расстоянии от почернения при узких углах падающего и прошедшего световых потоков. Поскольку регулярная составляющая $\Phi_{||}$ является наименьшей частью прошедшего интегрального светового потока Φ_{Σ} , регулярная плотность $D_{||}$ имеет относительно наибольшее значение (по геометрическому типу световых лучей регулярная плотность называется проекционной). Регулярные плотности $D_{||}$, воспринятые в направленном свете $\Phi_{||}$, служат подходящей мерой для эффективных копировальных плотностей, действующих при оптической печати (46) и проекции изображений на экран.

Регулярная плотность значительно повышает контраст изображения в позитиве и характерна для проекционной фотопечати с конденса-

сором без рассеивателя светового потока (матового или молочного стекла).

45. Интегральная плотность D_{Σ} (рис. 30, б) — плотность, измеренная в проходящем интегральном световом потоке Φ_{Σ} при контакте измерительного фотоприемника с почернением, $D_{\Sigma} = \lg(\Phi_{0\parallel}/\Phi_{\Sigma})$. Поскольку интегральный (полный) прошедший световой поток включает в себя диффузную и регулярную составляющие, интегральная D_{Σ} относительно регулярной $D_{\parallel}$ имеет меньшее значение.

Интегральная плотность не изменяет контраст позитива относительно негатива, создает мягкость изображения и характерна для фотопечати контактным способом при направленном освещении негатива без рассеивателя (матового или молочного стекла).

46. Диффузная плотность $D_{\perp}$ (рис. 30, в) — плотность, измеренная в проходящем световом потоке при узком угле восприятия на заданном расстоянии от почернения при рассеянном (диффузном) освещении: $D_{\perp} = \lg(\Phi_{0\perp}/\Phi_{\perp})$. Для измерения этой плотности необходимо поместить перед почернением молочное стекло, полностью рассеивающее падающий световой поток.

Диффузная плотность создает мягкость позитивного изображе-

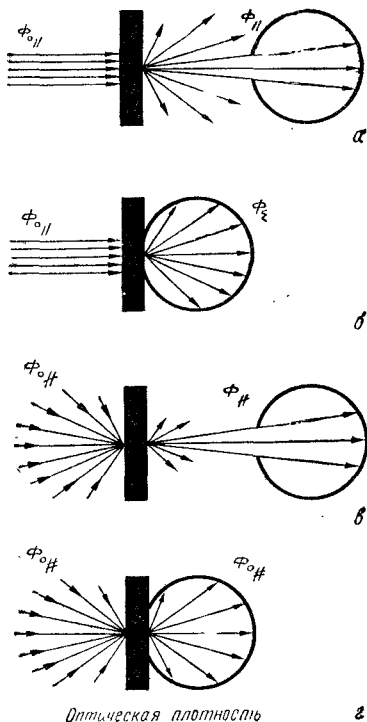


Рис. 30. Схема измерения (восприятия) оптических плотностей:

а — регулярной $D_{\parallel}$; б — интегральной D_{Σ} ; в — диффузной $D_{\perp}$; г — двойной диффузной $D_{\perp\perp}$

Оптическая плотность

2

ния в сочетании с повышенным контрастом и характерна для проекционной фотопечати со смесительной камерой, рассеивающей падающий свет, или с конденсором и молочным стеклом перед негативом.

47. Двойная диффузная плотность $D_{\perp\perp}$ (рис. 30, г) — плотность, измеренная в диффузном проходящем свете при диффузном падающем. Для измерения этой плотности необходимо поместить перед почернением молочное стекло, рассеивающее падающий свет, и обеспечить контакт между почернением и светоприемником.

Двойная диффузная плотность создает повышению мягкость позитивного изображения при неизменном контрасте и характерна для фотопечати контактным способом при рассеянии падающего света молочным стеклом или матовым с равномерным освещением всей площади.

48. Эффективная плотность. Черно-белое фотоизображение образуется высокодисперсным металлическим серебром. Его почернение

выражается двумя принципиально отличными величинами: поверхностной концентрацией проявленного серебра в слое и оптической плотностью, характеризующей меру оптического эффекта. При восприятии в диффузном свете оптическая плотность выражает концентрацию металлического серебра в прямой пропорциональности. В направленном свете прямая пропорциональность нарушается, т. е. величина плотности зависит от условий ее восприятия.

Цветное фотоизображение образуется концентрацией трех качественно различных красителей. От изменения их концентраций зависят оптические свойства цветного изображения. Для количественной оценки оптических свойств цветного изображения в конкретных условиях наблюдения или копирования введены величины эффективных плотностей.

Эффективная плотность $D_{эф}$ — это плотность почернения или цветного потемнения негативов и позитивов, воспринимаемая в практических условиях: проекционной или контактной фотопечати (кинокопировании), непосредственном рассматривании изображения в отраженном или проходящем свете, а также при проекции на экран. Восприятие $D_{эф}$ обусловлено определенными (нормированными) световыми величинами и спектральными характеристиками источника падающего (белый свет типа *A, B, C* или *D*) и приемника прошедшего света, а также взаимным их расположением.

При контактной печати с направленным световым потоком весь вышедший из негатива свет падает на позитивный светочувствительный материал. В этих условиях эффективная плотность близка к интегральной плотности D_{Σ} . При оптической (проекционной) печати в тех же условиях освещения эффективная плотность зависит от отверстия проекционного объектива. Открытая диафрагма создает условия для восприятия интегральной плотности D_{Σ} . Малое отверстие диафрагмы приближает эффективную плотность к регулярной $D_{\parallel}$, т. е. диафрагмирование объектива увеличивает контраст получаемого позитивного изображения.

В черно-белой фотографии эффективная плотность характеризует почернения однослойных светочувствительных материалов и оценивается диффузной плотностью $D_{\#}$ (46). Это обуславливается широким профессиональным применением контактной печати в кинематографии: приблизительным равенством диффузной и интегральной плотностей и возможностью точного определения ее величины при сенситометрических испытаниях. В случае применения проекционной печати эффективная плотность оценивается регулярной плотностью $D_{\parallel}$, которую можно пересчитать в диффузную посредством коэффициентов Калье. Поскольку почернения из серебра в общих случаях не обладают спектральной избирательностью поглощения, величины их плотностей определяются не спектральными, а оптико-геометрическими условиями, т. е. индикатрисой распределения падающего света и углом его падения.

В цветной фотографии рассеяние света цветными потемнениями негативов или позитивов относительно черно-белых мало и оптико-геометрические условия их восприятия не существенны. Здесь решающее значение приобретают спектральные факторы. Светочувствительные материалы имеют трехслойную зональную структуру и эффективные плотности оцениваются для каждого элементарного слоя в свете определенной цветовой зоны спектра.

Цветофотографические свойства цветных материалов характеризуются возможностью воспроизведения серых тонов. Серый цвет,

образованный тремя элементарными зональными потемнениями, называемыми цветоделенными плотностями, характеризует строго определенную, равную концентрации желтого, пурпурного и голубого красителей каждого слоя. В качестве меры концентрации красителей приняты единицы серых эквивалентных плотностей ФЭСП (49) и ВЭСП (50).

Для цветоделенных плотностей *негатива* приемниками являются три элементарных зональных слоя позитивного цветочувствительного материала. Для зональных плотностей цветного *позитива* приемниками являются три цветоощущающих центра глаза. Концентрация красителей в каждом элементарном слое трехслойной цветной пленки определяет все оптические свойства общего цветного негативного или позитивного изображения. Если концентрации красителей таковы, что результирующее потемнение не серое, а имеет цветной оттенок, то их копировальные и визуальные свойства не совпадают.

49. Фотографически эквивалентная серая плотность $D_{ф.э.с.п}$ — мера поверхностной концентрации каждого из трех зональных красителей (желтого, пурпурного или голубого) немаскированных пленок, образующих негативное цветное изображение, предназначенное для копирования. За единицу ФЭСП данного зонального красителя принимается такое его количество, при котором, с добавлением к нему равных количеств двух других красителей, образуется в совокупности серое поле с плотностью $D = 1$. Для маскированных пленок применяется копировальная плотность $D_{к.п}$ в единицах почернения серого поля.

50. Визуально эквивалентная серая плотность $D_{в.э.с.п}$ — мера поверхностной концентрации каждого из трех красителей (желтого, пурпурного или голубого), образующих позитивное цветное изображение, предназначенное для наблюдения глазом. За единицу ВЭСП принята такая концентрация одного из красителей, которая в сочетании с равноценными концентрациями двух других красителей дает серое поле с визуальной плотностью $D = 1$. Если величины ВЭСП различны, серое поле принимает цветной оттенок. Плотностью $D_{в.э.с.п}$ оценивают цветные позитивные и обращаемые пленки, изображения которых рассматриваются на экране в свете с нормированным спектральным составом.

51. Копировальная плотность $D_{к.п}$ — это экспозиционная эффективная плотность зонального потемнения элементарного слоя цветного маскированного негатива, предназначенная для печати на цветную позитивную пленку от света нормированного источника за синим, зеленым или красным зональным светофильтром.

52. Колориметрическая плотность D_x , D_y или D_z — это эффективная плотность соответствующего зонального потемнения элементарного слоя цветного позитива, предназначенная для наблюдения глазом, адаптированного к свету, в определенных световых условиях.

53. Визуальная плотность D_v — плотность, воспринимаемая фотоприемником, имеющим спектральную характеристику, аналогичную кривой спектральной световой эффективности светлоадаптированного глаза.

54. Стандартная плотность D . На практике в большинстве случаев применяются плотности D_{Σ} , $D_{\#}$ и $D_{\oplus}$, величины которых при одинаковых условиях измерения отличаются друг от друга не более чем на 0,05 D . Поэтому в сенситометрии принята диффузная плотность $D_{\#}$ без индекса $\#$. В других областях фотографии указанные плотности применяются раздельно.

СТАНДАРТНЫЕ ИСТОЧНИКИ БЕЛОГО СВЕТА

55. Определение белого света. Свет, воспроизводящийся зрением как ахроматический, называется белым. Свое название «белый» свет получил по зрительному ощущению, психологически воспринимающему относительно одинаково как свет солнечного или пасмурного дня, так и свет ламп накаливания в вечернее время. Свет, называемый в обиходе белым, характеризуется не одной цветностью, а областью цветностей от 4000 до 10 000 К. Эта область на цветовом графике МКО (135) очерчивается штриховой линией. Однако светочувствительные материалы воспринимают эти излучения по-разному, в соответствии с их спектральными характеристиками, и при экспонировании дают различный фотографический эффект, выражающийся в несоответствии градаций негативного изображения градациям яркостей объекта съемки или в несоответствии цвета изображения цвету объекта.

Качество освещения критично для всех светочувствительных материалов и особенно цветных, сбалансированных для света определенного спектрального состава. Поэтому белый свет обозначается с оговоркой его цветофотографической температуры (13). Государственными Стандартами определены специальные источники излучений, принятые за белый свет и предназначенные для определенных световых и сенситометрических испытаний. С целью взаимного соответствия сенситометрическое освещение приведено к практическому съемочному для соответствующих светочувствительных материалов.

56. Нормированные источники белого света (ГОСТ 7721—76) предназначены для освещения материалов при измерении их цветовых и других характеристик. За основу принят источник *A* — нормированное излучение вольфрамовой лампы накаливания с $T_{цф} = 2856$ К. Излучения источников *B* и *C* воспроизводятся посредством источника *A* совместно со специальными голубыми светофильтрами различного спектрального состава (57), создающими излучения с цветофотографической температурой от 4000 до 6500 К. Для излучения источника *D*₆₅ условий воспроизведения нет.

57. Светофильтры нормированных источников излучений применяются жидкостные и стеклянные. Жидкостные (ГОСТ 7721—76) состояются из двух растворов, находящихся в двухсекционной вертикальной кювете из бесцветного химически стойкого оптического стекла. Толщина слоя каждой жидкости $10 \pm 0,05$ мм.

Химический состав жидкостных светофильтров для источников белого света B и C

Химические вещества квалификации ХЧ Раствор 1	Источник белого света	
	<i>B</i>	<i>C</i>
Сульфат меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, г	2,452	3,412
Маннит $\text{C}_6\text{H}_8(\text{OH})_6$, г	2,452	3,412
Пиридин C_5H_5 , см ³	30	30
Вода дистиллированная до объема, л	1	1
Раствор 2		
Кобальт-аммоний сульфат $\text{CoCO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, г	21,71	30,58
Сульфат меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, г	16,11	22,52
Серная кислота плотностью 1,835 г/см ³ , мл	10	10
Вода дистиллированная до объема, л	1	1

Растворы готовятся из химикатов высшей квалификации и действуют не более 2—3 мес. Основным светопоглощающим веществом в растворах является медный купорос. Пиридин дает с ионами меди комплексные соединения, имеющие интенсивную синюю окраску. Маннит и серная кислота служат стабилизирующими средствами. Цвет первого раствора синий, второго — сиренево-розовый.

В качестве стеклянных светофильтров применяются цветные стекла ПС5, ПС14 и СЗС17 различной толщины и в различном сочетании.

58. **Источник белого света А** (рис. 31, кривая А) воспроизводит искусственный свет ламп накаливания мощностью 100 Вт с $T_{цф} =$

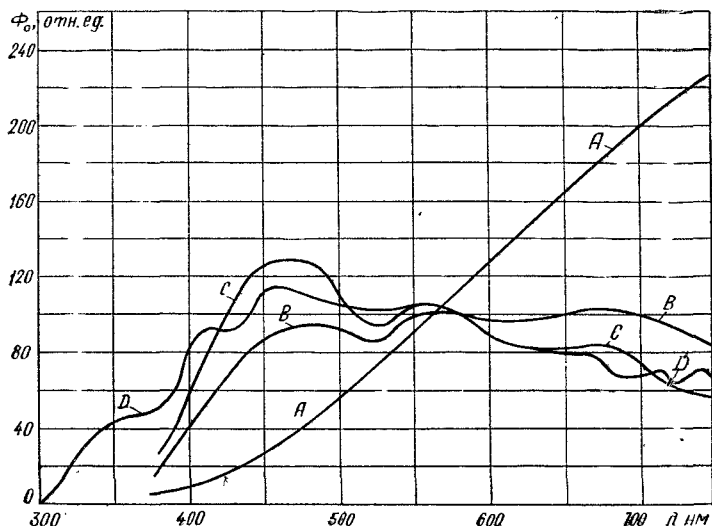


Рис. 31. Кривые распределения спектральной плотности потока излучения для стандартных источников А, В, С и D в отн. ед.

$= 2856$ К. Координаты цветности: $x = 0,443$; $y = 0,407$. По визуальному восприятию цвет излучения желто-оранжевый.

59. **Источник белого света В** (рис. 31, кривая В) воспроизводит прямой свет солнца днем с $T_{цф} = 4800$ К. Координаты цветности: $x = 0,348$; $y = 0,352$. Источник В состоит из источника А и светофильтра. Жидкостный светофильтр приведен в (57). Стекланный светофильтр состоит из трех цветных стекол марок ПС5, ПС14 и СЗС17 толщиной, определяемой по ГОСТ 7721—76.

60. **Источник белого света С** (рис. 31, кривая С) воспроизводит рассеянный дневной свет с $T_{цф} = 6500$ К. Координаты цветности: $x = 0,310$; $y = 0,316$. По визуальному восприятию цвет излучения источника С соответствует излучению дневного неба в пасмурную погоду или приблизительно цвету люминесцентной лампы дневного света ЛД. Источник С состоит из источника А и светофильтра. Жидкостный светофильтр приведен в (57). Стекланный светофильтр состоит из трех цветных стекол марок ПС5, ПС14 и СЗС17 толщиной, определяемой по ГОСТ 7721—76.

61. Источник белого света D (D_{65}) имеет спектральный состав усредненного дневного света (рис. 31, кривая D). Отличается от источника C наличием в спектре длин волн ближней УФ области 300—330 нм. Координаты цветности: $x = 0,313$; $y = 0,329$. Предназначен для измерения цвета люминесцирующих объектов. Его $T_{цв} \approx 6500...6700$ К.

62. Источник белого света E равноэнергетический. Является гипотетическим источником (принят условно), имеет одинаковую мощность излучения для всех длин волн оптического диапазона ($\Phi_\lambda = \text{const}$) и служит для относительных световых расчетов. Его цветофотографическая температура эквивалентна 5200—5300 К и выражается на графиках горизонтальной линией, параллельной оси абсцисс (рис. 32).

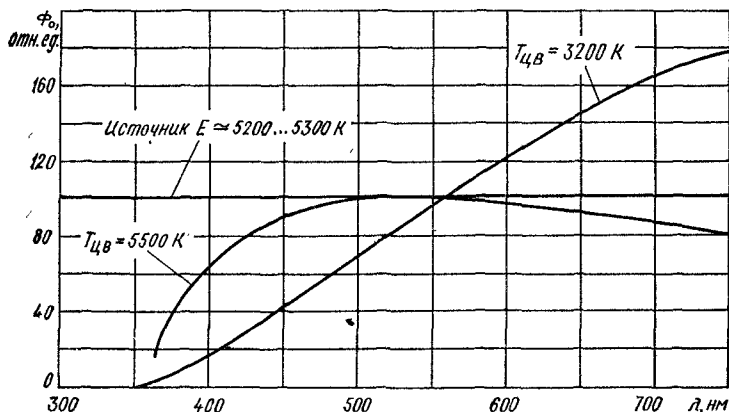


Рис. 32. Кривые распределения спектральной плотности излучения для сенситометрических и равноэнергетического E источников

63. Сенситометрические источники белого света (ГОСТ 10691.0—73) предназначены для испытания различных светочувствительных материалов. За основу принято излучение лампы накаливания с $T_{цв} = 2850 \pm 20$ К совместно со стеклянными сенситометрическими светофильтрами из цветных стекол, приводящими спектр излучения к $T_{цв} = 3200$ и 5500 К (рис. 32). Для создания спектральных условий измерения визуальных диффузных и копировальных диффузных плотностей данные источников света с $T_{цв} = 3000$ и 3200 К приведены в ГОСТ 10691.0—84.

Источник белого света с $T_{цв} = 3200$ К воспроизводит условия искусственного освещения галогенными лампами или лампами накаливания мощностью 1000 Вт и выше. Источник состоит из лампы с $T_{цв} = 2850$ К и стеклянного светофильтра, составленного из двух цветных стекол, марок ПС14 (1,6 мм) и СЗС17 (1,3 мм).

Источник белого света с $T_{цв} = 5500$ К воспроизводит условия естественного дневного освещения с прямым солнечным светом и светом неба, частично закрытого облаками. Источник состоит из лампы с $T_{цв} = 2850$ К и стеклянного светофильтра, составленного из трех цветных стекол марок ПС5 (1,9 мм), ПС14 (5,5 мм) и СЗС17 (1,8 мм).

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Форма и цвет предметов воспринимаются зрением и формируются объективом съемочной камеры в зависимости от характера освещения. Постановка света при съемке и разнообразные работы в фотографии предусматривают применение различных материалов в качестве отражателей, подсветов, экранов, рассеятелей и других приспособлений, выполняемых из металлов, стекла и пластмасс.

64. Металлы в качестве подсветов и отражателей подразделяются на два вида: полированные — для зеркального (направленного) отражения и матированные — для диффузного и направленно-рассеянного. Наиболее распространены алюминий, хром, никель и латунь, применяемые в виде сплошных листов, химического покрытия или по-

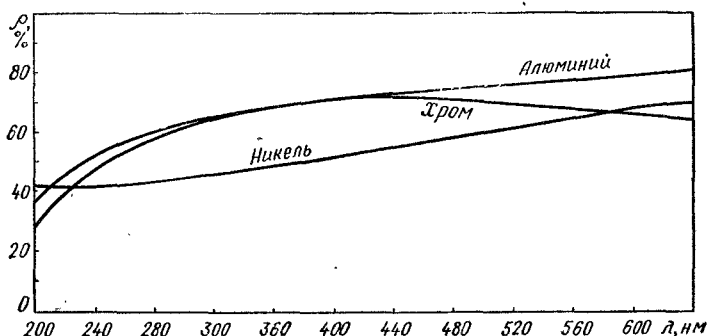


Рис. 33. Спектральные характеристики полированных металлов

рошка в составе красящих веществ (бронзовая и алюминиевая краски). На рис. 33 показаны спектральные характеристики полированных металлов, применяемых при съемке. Существенное значение имеет коэффициент отражения ρ .

Отражательная характеристика некоторых металлов

Металл	Цвет отражения	ρ
Алюминий аляски- рованный	Серебристый	0,8—0,84
Родий	Белый с розовато-голубым оттенком	0,72—0,74
Хром	Белый с оттенком синего	0,61—0,62
Никель	» » » желтого	0,55—0,6

Алюминий — наиболее распространенный металл для отражателей и подсветов в виде тонких листов, фольги, наклеенной на какую-либо плоскую основу, или алюминиевого порошка для окраски поверхностей. Равномерная спектральная характеристика позволяет применять его в качестве вспомогательного материала при цветной съемке.

Характеристика алюминия с различной обработкой поверхности (рис. 34)

Марка алюминия	Метод обработки	Группы по рассеянию	Характер рассеяния	ρ
А1М	Матировка и альзакирование	III	Близкое к диффузному	0,75
Д1АМ	Термохимическая	I	Незначительное	0,9
Д1АМ	То же	II	Направленное	0,9
Д1АМ	»	III	Близкое к диффузному	0,85

Коэффициент отражения матированного алюминия

Алюминий матированный	0,72—0,82
Алюминиевая пудра в лаке (для экранов)	0,70—0,72
Алюминиевая краска в нитролаке	0,50—0,60

65. Стекло подразделяется на две основные группы — силикатное (неорганическое) и пластмассовое (органическое). Окрашенные в массе прозрачные стекла образуют цветное стекло. Для оптических приборов (объективов) выпускается оптическое бесцветное стекло на ос-

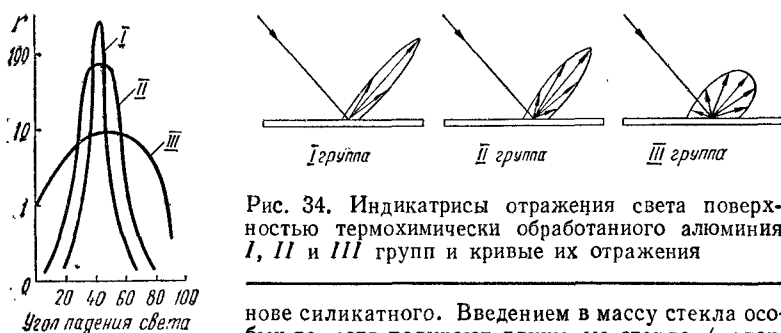


Рис. 34. Индикатрисы отражения света поверхностью термохимически обработанного алюминия I, II и III групп и кривые их отражения

нове силикатного. Введением в массу стекла особых веществ получают глухие стекла (молочные, опаловые, опалиновые). Матированные стекла рассеивают свет за счет поверхностной шероховатости, полученной механическим или химическим способом.

Для просветления оптических стекол применяются пленки из фтористого магния, расположенные между двумя прозрачными слоями серебра или двуокиси кремния. Повышение коэффициента отражения стекла достигается покрытием поверхности пленкой из двуокиси кремния и титана или из одной двуокиси титана. Светоделительные покрытия, распределяющие отраженный и пропущенный свет, выполняются нанесением прозрачных металлических пленок из сернистого цинка и трехсернистой сурьмы.

Силикатное стекло имеет в своей основе двуокись кремния SiO_2 с различными добавками-окислами. В зависимости от состава и способа изготовления силикатное стекло обладает различными свойствами. Органическое стекло изготавливается из полимеров.

66. Стекло оптическое бесцветное (ГОСТ 3514—76) отличается высокой оптической однородностью и прозрачностью. Предназначено для изготовления линз, призм, светофильтров и других оптических деталей. Оптические стекла производятся двух серий — обычные, с нуме-

рацией от 1 до 99, и малотемнеющие при воздействии иснизирующих излучений с нумерацией от 100 до 199.

Оптическое стекло применяется в основном в видимой области спектра, в ближней УФ до 300 нм и в ИК до 2000 нм. Наиболее часто применяемые оптические стекла толщиной свыше 1 мм непрозрачны для излучения на волнах менее 300 нм. С уменьшением толщины стекла спектральная область пропускания расширяется.

*Коэффициенты пропускания оптического бесцветного стекла
разной толщины в УФ области спектра, %*

λ , нм	0,4 мм	2 мм	4 мм	8 мм
400	93	91,2	90,2	88,8
380	91,5	91	90	88
360	90	90	88	84
340	85	82	73	57,5
320	76	55	31,7	17,8
300	50	10	8	0
280	15	0	0	0
260	0	0	0	0

Каждый сорт стекла по своим физическим свойствам имеет точные значения двух основных констант — показателя преломления n и коэффициента дисперсии ν для определенных длин волн и линий видимой, УФ и ИК частей спектра. Чем больше величина коэффициента дисперсии, тем меньше рассеяние. Сорта стекол, у которых $\nu > 55$, называются *кронами*, а стекла со значениями $\nu < 50$ — *флинтами*, за небольшим исключением. Кроны — легкие стекла с плотностью до 2,6 г/см³ и показателем преломления 1,48—1,55. Флинты — тяжелые стекла плотностью более 2,6 г/см³ и показателем преломления выше 1,55. Не существуют стекла с показателем преломления меньше 1,45 и больше 1,93, а по коэффициенту дисперсии — меньше 19 и больше 71. Константы, выходящие за пределы этих величин, относятся к кристаллам (например, флюорит: $n = 1,4338$, $\nu = 95,1$).

Коэффициент преломления n указывается для определенной длины волны, отмечаемой в индексе буквой, которая обозначает спектральную линию излучения химических элементов.

Буква в индексе	Длина волны, нм	Химический элемент
i	365	Hg — ртуть
h	404,7	Hg — ртуть
G	431,1	H — водород
g	435,8	Hg — ртуть
F'	480	Cd — кадмий
F	486,1	H — водород
e	546,1	Hg — ртуть
d	587,6	He — гелий
D	589,3	Na — натрий
C'	643,8	Cd — кадмий
C	656,3	H — водород
A	766,5	K — калий

Обычно в технической литературе дается коэффициент преломления для желтой линии натрия (D) с длиной волны 589,3 нм. Показатель преломления n_e для длины волны 546,1 нм, расположенной вбли-

ви максимума чувствительности глаза (спектральная линия ртути), называется основным показателем преломления.

Кроны (К) и флинты (Ф) обозначаются следующим образом. *Кроны*: ЛК — легкие, ФК — фосфатные, БК — баритовые, ТК — тяжелые, СТК — сверхтяжелые, ОК — особые. *Флинты*: КФ — крон-флинты, БФ — баритовые, ТБФ — тяжелые баритовые, ЛФ — легкие, ТФ — тяжелые, СТФ — сверхтяжелые, ОФ — особые. Стекла ОК и ОФ — с особым ходом дисперсии.

Показатели оптических стекол для съёмочных и проекционных объективов

Марка	n	ν	γ^*	Состав стекла, %			
				Кремний	Свинец	Барий	Прочее
K1	1,4982	65,1	2,37	58	—	—	42
K8	1,5163	64,1	2,53	69	—	3	28
БК8	1,5467	62,8	2,87	54	—	19	27
ЛФ2	1,5480	45,9	2,93	62	25	—	13
ЛФ5	1,5749	41,3	3,21	54	37	—	9
ТК6	1,6126	58,3	3,59	34	—	50	16
Ф3	1,6199	36,3	3,62	47	47	—	6
ТК10	1,6227	56,9	3,64	30	—	45	25
БФ13	1,6395	48,3	3,84	34	13	36	17
ТФ1	1,6475	33,9	3,87	41	52	—	7

* γ — удельный вес.

67. Увioletовые стекла. Слово *увиioletовый* означает: «у» — за пределами, «виiolet» — фиioletовый; т. е. характеризует стекла, пропускающие световые волны короче 400 нм, относящиеся к биологически активной области спектра. Бывают бесцветные и черные стекла. В увиioletовых стеклах отсутствуют компоненты, поглощающие УФ лучи. К увиioletовым относится и кварцевое стекло.

По химическому составу увиioletовые стекла делят на четыре группы, имеющие следующие коротковолновые границы пропускания:

Кварцевое	Боросиликатное *	Фосфатное **	Силикатное ***
185 нм	220 нм	250 нм	260 нм

* Для стекла № 721 $\tau = 75\%$, стекла УТ-49 $\tau = 40\%$.

** Черное стекло.

*** Для эритемного стекла С89-4 при $\lambda = 296$ нм $\tau = 65\%$; при $\lambda = 253,7$ нм $\tau = 2\%$.

Черные увиioletовые стекла непрозрачны для видимой области спектра. При толщине 2 мм они имеют следующую полосу пропускания:

Марка	$\Delta\lambda$, нм
УФС1	240—400
УФС2	270—380
УФС3	320—390
УФС4	340—390
С-89-4	320—390 *
С-89-5	320—390 *

* $\lambda_{\text{макс}} = 365$ нм.

Неувиолетовые стекла поглощают УФ, фиолетовые и часть синих лучей и применяются в качестве защитных от УФ излучений мощных дуговых и других источников света. Могут быть бесцветными и цветными.

68. Кварцевое оптическое стекло (ГОСТ 15130—79) получается плавлением природных разновидностей кремнезема (горного хрусталя), жильного кварца, кварцевого песка, а также синтетической двуокиси кремния. Различается *прозрачное* (оптическое и техническое) и *непрозрачное*. Кварцевое стекло, получаемое плавлением горного хрусталя, совершенно однородно и обладает наименьшим среди силикатных стекол показателем преломления ($n_e = 1,4572$, $n_D = 1,4584$). Температура размягчения 1400 °С. Кварцевое стекло может быть доведено до красного каления и при резком охлаждении водой остаться без повреждений. Длительное время выдерживает температуру 1000 °С. Применяется в различных оптических приборах и для баллонов источников света.

КУ-1 — высокопрозрачное стекло в УФ области спектра, не люминесцирующее, радиационно оптически устойчивое, без полосы поглощения в интервале длин волн 170—250 нм.

КУ-2 — оптически прозрачное в УФ области спектра, имеет заметную полосу поглощения в интервале длин волн 170—250 нм.

КВ — прозрачное в видимой области спектра, имеет заметную полосу поглощения в УФ области спектра и в интервале длин волн 2600—2800 нм.

Рис. 35. Призматическое стекло в разрезе

КИ — прозрачное в ИК области спектра без заметной полосы поглощения в интервале длин волн 2600—2800 нм.

69. Цветное стекло делится на окрашенное в массу (ГОСТ 9411—81), окрашенное по поверхности и накладное. Для окраски цветных стекол применяются красители: *фиолетовые* — окись марганца, закись никеля, трехокись неодима; *синие* — закись кобальта, закись меди; *зеленые* — окись хрома, окись урана, окислы железа; *желтые* — металлическое серебро, двуокись титана, двуокись церия, сульфид кадмия; *красные* — селен, медь, золото, селенид кадмия, соединения сурьмы. Спектральное пропускание регулируется количеством компонентов и толщиной стекла. Цветное стекло широко применяется для светофильтров (168).

70. Фотостекло — стекло для фотографических пластинок (ГОСТ 683—75). Характеризуется повышенной ровностью и гладкостью поверхности с равномерной прозрачностью. Выпускается в зависимости от размеров толщиной 1; 1,2; 1,4; 1,8 и 2 мм. Разнотолщинность не превышает 0,1 мм. Светопропускание в видимой области спектра для стекла толщиной: до 1,8 мм — не менее 90 %, до 2 мм — 87 %.

71. Светотехнические стекла. Теплозащитные стекла (теплофильтры) задерживают ИК излучение и пропускают видимый свет. Подразделяются на *теплопоглощающие*, *теплорассеивающие* и *теплоотражающие*.

Плоское прозрачное стекло: оконное (ГОСТ 111—78) толщиной 2; 2,5; 3; 4; 5 и 6 мм с коэффициентом пропускания 0,84—0,87 в зависимости от толщины; **витринное** (ГОСТ 7380—77) толщиной 8—10 мм с коэффициентом пропускания не менее 0,84; **полированное** (ГОСТ 13454—77) с коэффициентом пропускания 0,86—0,96.



Призматические стекла (рис. 35) — линзы дисковые ступенчатые для кинопроекторов (ГОСТ 9507—82) — применяются для арматуры прожекторов и предназначены для формирования световых лучей в параллельный пучек света.

Обозначение линзы	Диаметр, мм	Фокусное расстояние, мм	Коэффициент усиления
ЛФ 100-68	$100 \pm 1,0$	68—76	20—13
ЛФ 150-100	$150 \pm 1,5$	100—112	32—24
ЛФ 250-150	$250 \pm 1,5$	150—168	45—35
ЛФ 355-250	$355 \pm 2,0$	250—280	60—35
ЛФ 505-350	$505^{+2,0}_{-4,5}$	350—392	60—40
ЛФ 610-420	$610^{+2,0}_{-4,5}$	420—470	92—55

72. Органическое светотехническое стекло (ГОСТ 9784—75) изготавливается из полимеров. Выпускается прозрачным и рассеивающим, бесцветным и окрашенным, в листах, гранулах и порошке. Для изготовления стекол со свойствами, близкими к силикатным кроновым стеклам, применяется метилметакрилат (плексиглас марок СТ-1 и СОЛ) и целлулоид; для стекол со свойствами флинта — полистирол и полидихлорстирол. Бесцветное органическое стекло характерно оптической прозрачностью в ближней УФ области спектра.

По светотехническим характеристикам выделяются шесть групп органических стекол: I группа — прозрачные. У остальных стекол степень рассеяния света возрастает от II к V группе, приближаясь у последней к диффузному с одновременным снижением коэффициента пропускания. Стекла VI группы полностью непрозрачные, для них нормируется только коэффициент отражения для применения в качестве отражателей.

Светотехническая характеристика органических стекол

Группа	γ	τ	α^*	ρ
I	0,02—0,15	0,90—0,70	0,05 (0,1)	—
II	0,16—0,40	0,80—0,60	0,05 (0,1)	—
III	0,41—0,60	0,70—0,50	0,05 (0,1)	—
IV	0,61—0,80	0,65—0,40	0,05 (0,1)	—
V	0,65—0,80	0,39—0,20	0,10 (0,15)	—
VI	—	—	—	0,85

* Для неокрашенного стекла, в скобках — для окрашенного.

Спектральный коэффициент пропускания органического стекла τ_λ

	Длина волны, нм										
Марка	320	340	360	380	400	750	800	1000	1200	1400	1600
СОЛ	0,53	0,76	0,86	0,88	0,89	0,92	0,9	0,9	0,61	0,6	0,7
СТ-1	0	0,11	0,85	0,89	0,9	0,9	0,92	0,92	0,9	0,6	0,69
2-55	0	0,67	0,85	0,88	0,9	0,88	0,88	0,82	0,5	0,49	0,25
T2-55	0	0	0,45	0,74	0,8	0,9	0,89	0,9	0,8	0,6	0,49

*Степень глушения органического
стекла в зависимости от толщины*

Толщина, мм Коэффициент пропускания τ

	Тип I	Тип II
2	0,87	0,6
4	0,76	0,46
6	0,64	0,37
8	0,58	0,31

Устранение электризации предметов из оргстекла. Для устранения электростатического электричества, способствующего собиранию пыли на поверхностях, предметы из оргстекла обрабатывают антистатическими химическими средствами (антистатиками). Их действие основано на повышении электропроводимости поверхностей, обеспечивающей утечку электростатического заряда. В качестве антистатиков для пластмасс применяют поверхностно-активные вещества (ПАВ). Растворы ПАВ (0,5—10 %) наносят на поверхности при погружении в раствор, протиркой или пульверизацией. Поверхности после обработки сушатся последовательно при температуре 20—25 °С в течение 3—5 ч и при 50—60 °С в течение 20 ч.

При поверхностном нанесении длительность действия ПАВ зависит от концентрации раствора и свойств растворителя. Антистатические свойства сохраняются не менее месяца. Антистатиками являются: для полиэтилена — оксамин С-2; для полистирола — оксанол ЦС-17, алкамон ДЛ, моющее средство ОП-7, ОП-10; для полиметилметакрилата — алкамон ДЛ, ОП-7, ОП-10, ОС-2 (ОП-7 и ОП-10 заменяются некоторыми бытовыми моющими средствами).

Техническое органическое стекло (ГОСТ 17622—72): ТОСП — пластифицированное, ТОСН — непластифицированное. Выпускается прозрачным: бесцветным и цветным и непрозрачным: красным, желтым, оранжевым, зеленым и синим. *Размеры* от 100 × 100 до 1250 × 1150 мм при толщине от 1 до 200 мм.

73. Силикатные светотехнические стекла (ГОСТ 10036—75). Типы стекол имеют следующее обозначение и характеристики:

Марка	Название	τ , %
В	Различные виды стекла	80—40
Г	Глушеное газовоздушными включениями	75—40
Д	Декорированное	30
М	Молочное	75—40
НМ	Накладное молочное	75—50
НМЦ	Накладное молочное цветное	60—30
О	Опаловое	80—65
П	Прозрачное	80
Р	Рифленое	50
Ц	Цветное	50

В обозначении стекла имеются буквы, показывающие вид обработки: Б — необработанная поверхность, С — сочетание рифления с декорированием.

Светорассеивающие стекла различаются рассеивающим эффектом: объемным (молочные, опаловые, опалиновые), поверхностным (матированные) и объемно-поверхностным (глушеные матированные).

Глушеное стекло. Рассеяние света достигается введением в массу стекла частичек глушителя размером 10—200 нм различной концентрации. Степень заглушенности колеблется от незначительной до предельной, характеризующей полное непропускание света. По степени заглушенности стекла различаются молочные (наиболее заглушенные), опаловые и опалиновые (наименее заглушенные). Глушеные стекла обладают направленным пропусканием, отличающим их от матированных стекол. Характер направленности выражается четким изображением нити накала лампы, излучающей свет в красной области спектра. Если с расстояния 100 мм нить лампы мощностью 100 Вт не просматривается, то стекло считается молочным. Через опаловое стекло нить лампы едва различается, сквозь опалиновое нить видна хорошо.

Глушеные стекла изготавливают сплошными и накладными. Накладные бывают с односторонним и двусторонним светорассеивающими слоями. При малых размерах и малой концентрации частиц глушное стекло в отраженном свете имеет голубоватую окраску, а в проходящем — красноватую (опаловое стекло). При больших размерах и высокой концентрации частиц глушителя стекло отражает и пропускает свет неизбирательно и имеет молочно-белую окраску (молочное стекло).

Молочное стекло: МС — молочное, ОНС — отражающее нейтральное стекло. Стекла марок МС16, МС17, МС18 и МС19 с показателем преломления $n = 1,472$ предназначены для изготовления образцов и рабочих эталонов мутности, а также имитаторов рассеивающих средств. Стекла марок МС12 ($n = 1,49$), МС13 ($n = 1,51$), МС19 ($n = 1,472$) и МС23 ($n = 1,52$) предназначены для изготовления деталей, преобразующих направленный световой поток в диффузный при работе в проходящем свете. Стекло марок МС20 (взамен МС14) с $n = 1,52$ и стекла ОНС1, ОНС2, ОНС3 и ОНС4 с $n = 1,5$ предназначены для изготовления непрозрачных деталей, диффузно отражающих направленный свет (экраны, сферы, кюветы, пластины, образцы сравнения и рабочие эталоны белизны отражения).

Спектральный коэффициент отражения молочных стекол ρ_λ

λ , нм	МС20 (МС14)	ОНС1	ОНС2	ОНС3	ОНС4
400	0,935	0,69	0,45	0,29	0,17
440	0,945	0,715	0,485	0,3	0,165
480	0,96	0,735	0,515	0,3	0,155
520	0,97	0,74	0,53	0,295	0,155
560	0,97	0,74	0,53	0,29	0,15
600	0,97	0,74	0,525	0,285	0,15
640	0,965	0,735	0,525	0,28	0,15
720	0,965	0,735	0,525	0,275	0,165

Интегральный коэффициент пропускания молочных стекол в зависимости от толщины τ_λ

Толщина, мм	МС12	МС13	МС19	МС23
1	0,36	0,78	—	0,68
2	0,27	0,68	0,91	0,61
3	—	0,59	—	0,53
4	—	—	0,86	—
6	—	—	0,82	—
8	—	—	0,79	—

Матированные стекла со значительной степенью матирования имеют $n = 0,7 \dots 0,85$. Коэффициент пропускания с глянцевой и матированной стороны различен. Большой коэффициент наблюдается при расположении матированной стороны в направление источника света.

Силикатные рассеивающие стекла

Тип	Название	τ	ρ	α
НМ	Накладное молочное полностью рассеивающее	0,3—0,5	0,3—0,5	0,7—0,8
НМП	Накладное молочное с малой составляющей прямого пропускания	0,5—0,7	0,2—0,3	0,5—0,7
НМЦ	Накладное молочное цветное	0,3—0,6	0,2—0,3	0,5—0,8
О	Опаловое с заметным пропусканием и хорошим рассеянием	0,5—0,8	—	0,1—0,2
М, МЦ	Матированное бесцветное или цветное с зернистой структурой поверхности, полученной химическим способом	0,7—0,8	—	0,1—0,15
ПО	Прозрачное, окрашенное краской	0,5—0,7	—	0,1—0,15
М	Молочное*	0,35	0,5	0,15
О	Опаловое*	0,55	0,35	0,1
О	Опалиновое*	0,7	0,25	0,05
—	Химически матированное	0,96	—	—
—	Односторонне механически матированное стекло	0,35—0,87	—	—
—	Двусторонне химически матированное стекло	0,83	—	—
—	Двусторонне механически матированное стекло	0,28	—	—

* По нормам ФРГ.

Рентгеновские защитные стекла (ГОСТ 9541—75) выпускаются двух марок: ТФ5 и ТФ105 (тяжелый флинт) толщиной от 10 до 50 мм. Форма стекол — прямоугольная размерами от 146 × 135 до 600 × 500 мм и круглая — диаметром от 30 до 250 мм. Защитные свойства характеризуются свинцовым эквивалентом при напряжении 180—200 кВ, т. е. толщиной слоя свинца в миллиметрах, ослабляющего рентгеновское излучение в то же число раз, что и данное защитное стекло.

Толщина стекла, мм	10	15	20	25	50
Свинцовый эквивалент, мм	2,5	4,0	5,0	6,0	13,5

74. Оптические стекла с особыми свойствами. Инфракрасные бескислородные стекла (ИКС) прозрачны в диапазоне 1—17 мкм. Отличаются отсутствием компонентов, содержащих кислород.

Люминесцирующие стекла содержат неодим. Обозначаются индексом ГЛС (генерирующие люминесцирующие стекла). Имеют узкие полосы люминесценции. На полосу 1060 нм приходится до 80 % всей энергии люминесценции. Применяются для изготовления активных элементов твердотельных лазеров направленного излучения с $\lambda = 900, 1060$ и 1300 нм.

Фотохромные стекла (ФХС), обратимые. Меняют свою прозрачность при длительной освещенности. Основные характеристики: коэффициент монохромности K_ϕ — величина, показывающая уменьшение оптической плотности при нагреве на 30°C ; чувствительность S_ϕ — величина, обратная количеству освещения, необходимого для получения добавочной плотности $D = 0,2$. Стекло ФХСЗ: $K_\phi = 0,5 \dots 0,7$; $S_\phi = (2 \dots 5) 10^{-6}$ (лк · с) $^{-1}$, применяется для изготовления светофильтров и светозащитных очков.

75. Оптические керамика и кристаллы. Характеризуются свойствами, отсутствующими у оптического стекла: пропусканием в УФ и ИК областях спектра и значительной величиной коэффициента основной средней дисперсии при малом показателе преломления.

Оптическая керамика (КО) — поликристаллический материал производится методом горячего прессования под большим давлением в вакууме. Обладает высокой механической прочностью и термостойкостью. Предназначена для различных оптических приборов ИК диапазона и подложек интерференционных осветительных фильтров. Оптическая керамика КО4 прозрачна в диапазоне 1—20 мкм, КО5 — в диапазоне 1—8 мкм.

Хлористый натрий NaCl — мягкий природный кристалл (каменная соль) с $n = 1,52$ на волне 2000 нм. Прозрачен в области спектра 250—3000 нм. Растворим в воде и глицерине, гигроскопичен. Применяется для изготовления спектральных призм ИК диапазона.

Бромистый калий KBr — мягкий кристалл с $n = 1,54$ на волне 2000 нм. Прозрачен в области спектра 210—27 000 нм. Растворим в воде и глицерине, гигроскопичен. Применяется для изготовления спектральных призм ИК диапазона.

Хлористый калий KCl — природный минерал (сильвин), мягкий, гигроскопичный. Растворим в воде, щелочах, эфире, глицерине. Прозрачен в области спектра 330—21 000 нм. Применяется для конденсоров микроскопов УФ и призм ИК диапазонов.

Фтористый кальций CaF₂ — природный флюорит, твердый, хрупкий кристалл с $n = 1,42$ на волне 2000 нм. Прозрачен в области спектра 180—10 000 нм. Негигроскопичен и нерастворим в воде. Применяется для изготовления деталей микроскопов и призм спектроскопов УФ и ИК диапазонов.

Фтористый литий LiF — кристалл средней твердости с $n = 1,38$ на волне 2000 нм. Прозрачен в области спектра 180—6000 нм. Негигроскопичен и практически нерастворим в воде. Применяется для изготовления оптических деталей УФ и ИК диапазонов.

Германий Ge — синтетический хрупкий кристалл с $n = 4,12$ на волне 2000 нм. Непрозрачен в видимой области спектра, пропускает лучи от 2000 до 15 000 нм и от 40 000 до 60 000 нм. Требует просветления из-за больших потерь на отражение при преломлении. Применяется в ИК диапазоне.

Кремний Si — синтетический хрупкий кристалл с $n = 3,46$ на волне 2000 нм. Непрозрачен в видимой области спектра. Пропускает лучи в области от 15 000 до 22 000 нм.

Кварц кристаллический SiO₂ — синтетический кристалл (природный — горный хрусталь) с $n = 1,52$ на волне 2000 нм. Имеет слабовыраженное двойное лучепреломление. Прозрачен в области спектра 180—10 000 нм. Применяется для изготовления оптических деталей спектральных и поляризационных приборов.

Кальцит CaCO₃ — синтетический кристалл (природный — исландский шпат), хрупкий и нетермостойкий с $n = 1,66$ на волне

560 нм. Имеет сильно выраженное двойное лучепреломление. Пропускает видимую и ближнюю ИК область спектра.

Фтористый магний MgF_2 — природный кристалл средней твердости, нерастворим в воде с $n = 1,38$ на волнах 400—700 нм. Пропускает лучи в области спектра 100—1000 нм. Применяется для интерференционных и интерференционно-поляризационных фильтров.

Лейкосапфир — искусственный кристалл, беспримесный корунд Al_2O_3 (природный корунд — сапфир). Термостойкий и химически стойкий кристалл. С примесью хрома представляет собой рубин, применяемый для активных тел лазеров. Изготавливается следующих марок: Л-У — для УФ области, Л-В — для видимой и Л-И — для инфракрасной области спектра.

Оптические данные некоторых кристаллов

	NaCl*	KCl	LiF	CaF_2	KBr
Показатель преломления n_D	1,54	1,49	1,39	1,43	1,55
Коэффициент дисперсии ν_D	42,7	43,9	99,3	95,3	33,5
Плотность, г/см^3	2,17	1,98	2,64	3,18	2,76
Микротвердость при нагрузке 0,3 Н, МПа	160	90	960	1680	—
Растворимость в воде, г/см^3	0,26	0,25	0,002	$1,7 \cdot 10^{-5}$	0,394
Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$	42	28	41	19,5	37

* Встречается в естественном виде.

76. Белые пигменты — составная часть многих светотехнических материалов. Придают хорошие свойства отражению и рассеянию. Применяются в качестве наполнителей эмалей, красок и органических стекол. Различаются пигменты светоотражающие и светорассеивающие (глушители).

Белые светоотражающие пигменты

	n	ρ
Оксид цинка	1,95—2,05	0,95
Литопон	1,84	0,8—0,85
Барий сернистый	1,63—1,64	0,95
Белла свинцовые	1,94—1,09	0,96
Двуокись титана — рутил (сильно флуоресцирует)	2,6	0,93
Двуокись титана — анатаз (флуоресценция отсутствует)	2,20—2,4	0,93
Алюминат цинка	—	0,97
Алюминат цинка бариевый	—	0,95
Алюмосиликат	—	0,94

Белые светорассеивающие пигменты

	n
Двуокись титана TiO_2	2,20—2,76
Сернистый цинк ZnS	2,37
Двуокись церия CeO_2	2,33
Двуокись циркония ZrO_2	2,13—2,20

Мышьяковистый свинец $Pb(AsO_3)_2$	2,14
Двуокись олова SnO_2	2,04
Трехокись мышьяка As_2O_3	1,73
Фтористый кальций CaF_2	1,44
Криолит $NaAlF_6$	1,34
Фтористый натрий NaF	1,33
Воздух или газ	1,00

77. Белые эмали предназначены для диффузных отражателей. Наиболее распространены белые эмали с пигментом двуокиси титана и алюмината цинка.

Марка эмали	№ 2*	№ 11*	№ 15*	АС-72**	МЛ-242**
ρ	0,85—0,9	0,85	0,85—0,9	0,8	0,7

* Пигмент алюмината цинка.

** Пигмент двуокиси титана.

ИСТОЧНИКИ ИСКУССТВЕННОГО СВЕТА

78. Распределение света в пространстве. Сила света в любом направлении от источника изображается отрезком прямой линии, проведенной из светового центра. В принятом масштабе длина отрезка

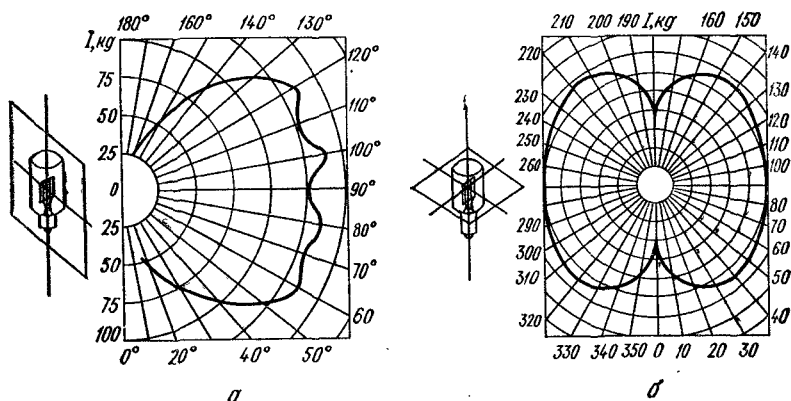


Рис. 36. Кривые распределения сил света кинопрожекторных ламп при продольном (а) и поперечном (б) сечении

определяет величину силы света. Если отрезки проведены по всем направлениям пространства и концы их соединены, то образуется поверхность, называемая фотометрическим телом. При сечении фотометрического тела его поверхность образует кривые светораспределения.

Для получения кривых распределения сил света фотометрическое тело пересекается плоскостями, проходящими через световой центр источника: продольной (вертикальной), проходящей вдоль оси симметрии (рис. 36, а), и поперечной (горизонтальной), перпендикулярной оси симметрии (рис. 36, б). Соответственно этому кривые называются продольными и поперечными.

Продольные кривые строятся в азимутальных (меридиональных) плоскостях в одной полуокружности от 0 до 180° или от 0 до 90° для симметричных источников, поперечные — в пределах от 0 до 360°.

Симметричные источники света характеризуются только продольными кривыми, поперечные кривые как правило не приводятся, поскольку они близки к окружности. Несимметричные источники света

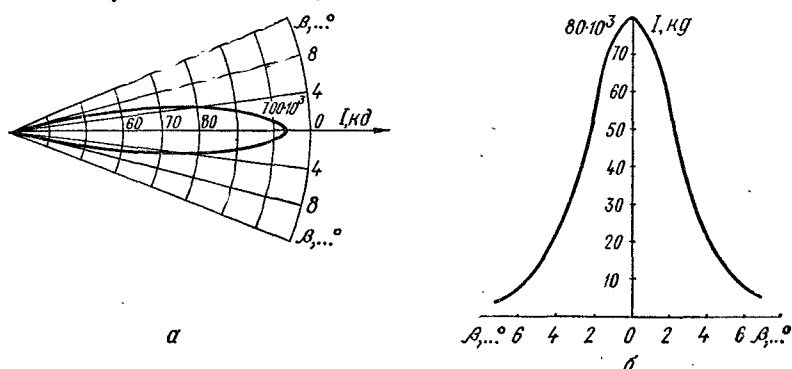


Рис. 37. Кривые светораспределения приборов с направленным световым потоком в пределах малых углов в полярных (а) и в прямоугольных (б) координатах; β^0 — угол между направлением измерения силы света и оптической осью источника

могут характеризоваться кривыми в нескольких плоскостях и различных плоскостях сечения.

Для источников света с направленным световым потоком в малом телесном угле (зеркальные лампы, лампы-фары) кривые сил света изображаются в пределах малых углов (рис. 37, а), а также в системе пря-

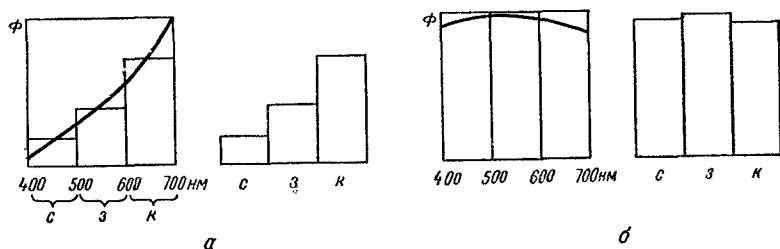


Рис. 38. Спектральные и зональные характеристики цветности излучения ламп накаливания (а) и дневного света (б)

моугольных координат, дающей возможность произвольного выбора масштаба углов и сил света (рис. 37, б).

Цветность излучения источников света в фотографии выражается $T_{\text{цф}}$, К, спектральной кривой в прямоугольной системе координат $\Phi = f(\lambda)$ или соотношением эффективных энергий в трех цветофотографических зонах спектра (спектрально-зональным графиком, рис. 38).

79. Лампы накаливания представляют собой стеклянный баллон из силикатного или (реже) кварцевого стекла, внутри которого поме-

шена раскаленная вольфрамовая нить. Силикатное стекло баллона поглощает излучение в УФ области до 350 нм, кварцевое до 180 нм. Силикатные баллоны изготавливаются прозрачными, матированными, опаловыми или молочными, с внутренними покрытиями, диффузно или зеркально отражающими свет. Баллоны могут быть вакуумными (пустотными) или наполненными инертными газами с различными добавками.

По режиму работы, определяющему цветность излучения, лампы накаливания делятся на *нормальные* осветительные со средним нормальным режимом накала, *перекальные* (фотолампы) и галогенные в кварцевых баллонах.

Световые характеристики излучения накаливаемой вольфрамовой нити

T, K^*	$T_{цф}, K$	$B, кд/м^2$	$n, лм/Вт$	Скорость испарения, $г/(см^2 \cdot с)$
1000	1005	0,00126	0,0007	$5,32 \cdot 10^{-34}$
1200	1208	0,0631	0,0126	$3,21 \cdot 10^{-27}$
1400	1418	1,04	0,0399	$2,51 \cdot 10^{-22}$
1600	1618	9,27	0,395	$1,25 \cdot 10^{-13}$
1800	1823	15,12	1,19	$8,81 \cdot 10^{-10}$
2000	2030	206,6	2,84	$1,76 \cdot 10^{-13}$
2200	2238	640	5,52	$1,25 \cdot 10^{-11}$
2400	2440	1644	9,39	$4,26 \cdot 10^{-10}$
2600	2660	3640	14,34	$8,41 \cdot 10^{-9}$
2800	2874	7320	20,53	$1,10 \cdot 10^{-7}$
3000	3092	13 260	27,25	$9,95 \cdot 10^{-7}$
3200	3312	22 520	34,7	$6,38 \cdot 10^{-6}$
3400	3522	36 000	43,2	$3,47 \cdot 10^{-5}$
2600	—	55 300	—	$1,51 \cdot 10^{-4}$
3655	—	61 630	—	$2,28 \cdot 10^{-4}$

* Температура нагрева.

Отклонение цветофотографической температуры при изменении напряжения накала вольфрамовых ламп

Напряжение, %	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
$T_{цф}, K^*$	2875	2940	3005	3070	3155	3200	3265	3330	3395	3460	3525
$T_{цф}, K^{**}$	2925	2990	3055	3120	3185	3250	3315	3380	3445	3510	3575

* Для ламп с $T_{цф} = 3200 K$.

** Для ламп с $T_{цф} = 3250 K$.

Баллоны ламп накаливания имеют цоколи различного диаметра пяти типов (ГОСТ 17100—79): резьбовые (винтовые), штифтовые (одно- и двухконтактные), цилиндрические и фокусирующие (для установки тела накала в фокусе оптических приборов).

Нормальные лампы накаливания — лампы общего назначения (ГОСТ 2239—79) выпускаются напряжением 220 В (реже 127 В) мощностью до 1000 Вт в силикатных баллонах. Лампы до 300 Вт могут быть изготовлены в светорассеивающих баллонах — матированных, опаловых и молочных.

Буквы в условном обозначении ламп показывают: В — вакуумная, Г — газополная аргоновая моноспиральная, Б — биспиральная аргоновая, БК — биспиральная криптоновая. Лампы в светорассеивающих баллонах имеют дополнительные буквы: МТ — матированная лампа, МЛ — молочная, О — опаловая. Цифры после букв обозначают диапазон напряжения в вольтах и мощность в ваттах.

Диапазоны напряжения накала, В: 125—135, 215—225, 220—230, 230—240, 235—245.

Мощность, Вт: 15, 25, 40, 60, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750 и 1000.

Типовая кривая распределения сил света приводится для условной лампы со световым потоком 1000 лм. Для ламп с меньшим или большим световым потоком форма фотометрического тела постоянна, изменяются лишь световые величины. Для определения кривой свето-

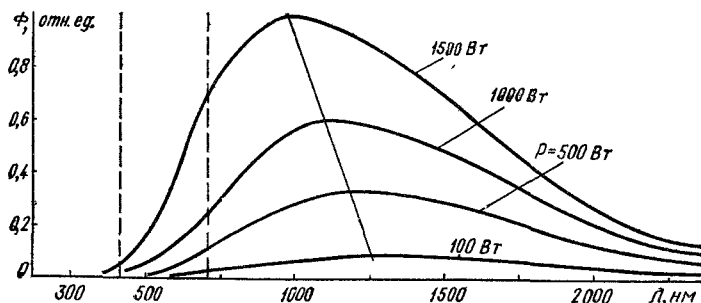


Рис. 39. Спектральные кривые излучения ламп накаливания различной мощности

рассеяния заданной лампы вычисляется условный переводной коэффициент делением светового потока этой лампы на 1000. На этот коэффициент умножаются значения сил света для соответствующих углов на кривой светораспределения условной лампы.

В вакуумных лампах накаливания мощностью до 100 Вт цветотемпературная температура излучения порядка 2500 К. У газополных ламп она несколько выше. С повышением мощности цветотемпературная температура возрастает и достигает 2950 К у ламп мощностью 1000 Вт при относительно большой долговечности (ГОСТ 21430—75). На рис. 39 показаны спектральные характеристики ламп накаливания различной мощности.

$T_{цф}$ некоторых ламп накаливания, К

Вакуумная	25 Вт	2490
	40 Вт	2500
	60 Вт	2510
Газополная	40 Вт	2760
	100 Вт	2850
	500 Вт	2900
	1000 Вт	2950
Газополная протекционная	500 Вт	3200
Перекальная фотолампа	500 Вт	3400

80. Фотолампы (ГОСТ 9750—78). В обозначении ламп указано напряжение в вольтах и через дефис — мощность в ваттах.

Фотосъемочные лампы (перекальные) имеют $T_{\text{цф}} = 3400$ К при укороченном сроке службы. Лампы типа Ф имеют сферический баллон с покрытием, имитирующим опалиновое стекло, лампы ФД — параболоидный баллон с диффузно отражающим покрытием.

Тип	Световой поток, лм	Срок службы, ч	Длина, мм	Диаметр баллона, мм
Ф 127-300	8000	8	130	66
Ф 220-300	8000	6	130	66
Ф 127-500	13 650	25	175	81
Ф 220-500	13 650	12	175	81
ФД 220-300	7000	6	110	81

Лампы для фотувеличителей ФЗ 127-60, ФЗ 220-60 (зеркальные) имеют параболоидный баллон с внутренней матировкой и последующим зеркальным покрытием. Длина 105 мм, диаметр 71 мм. Срок службы не менее 750 ч.

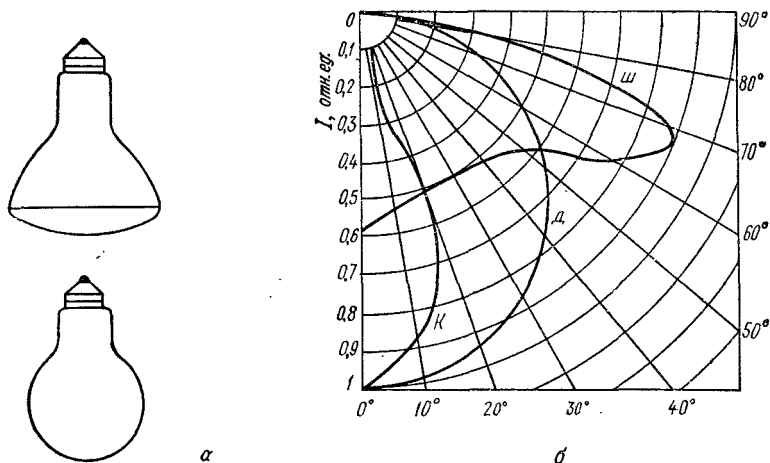


Рис. 40. Формы баллонов (а) и кривые светораспределения зеркальных ламп (б): Ш — широкая, Д — косинусная, К — концентрированная

Лампы для освещения фотолaborаторий ФС 127-25, ФС 220-25 (специальные, неактиничного света) имеют красно-оранжевое селективно пропускающее светорассеивающее покрытие. Длина 107 мм, диаметр сферической части баллона 61 мм. Срок службы не менее 600 ч.

81. Зеркальные лампы (ГОСТ 13874—83) предназначены для общего освещения, работы в инфракрасных облучательных установках (технические) и киносъемочные. Выпускаются в баллонах шаровой и параболоидной формы (рис. 40). Часть колбы, прилегающая к горловине, покрыта изнутри зеркальным металлическим слоем для направленного отражения света.

Буквенное обозначение ламп: З — зеркальная (общая для всех ламп), Н — неодимовая. На кривую светораспределения показывают

буквы: К — концентрированную, Д — косинусную и Ш — широкую. Буквы ИКЗ обозначают инфракрасные лампы: ИКЗК и ИКЗС — лампы соответственно с красным и синим цветом колбы или купола баллона. Группы цифр после букв показывают: первая — диапазон напряжений в вольтах, вторая (через дефис) — номинальную мощность в ваттах, последняя одиночная — заводскую модификацию.

Купол ламп ЗК и вся колба ламп типа ЗД и ЗДН — матированные. Возможна матировка всей колбы у ламп ЗК, ЗКН и ЗШН. Для ламп ИКЗ $T_{цф} = 2350$ К при среднем сроке службы до 6000 ч, у остальных $T_{цф} = 2850$ К со средним сроком службы 1000—1500 ч. Лампы имеют плавкий предохранитель для предотвращения взрыва колбы при повышенном напряжении. Лампы ИКЗК-215-225-250 из тугоплавкого стекла предохранителя не имеют. Для зеркальных ламп тип цоколя Е27/27 или Е40/45, выпускаются мощностью от 40 до 1000 Вт.

Зеркальные киноосветительные лампы выпускаются типа ЗК с параболоидной формой баллона. Верхняя часть баллона имеет зеркальное покрытие. Вольфрамовая нить свернута в спираль и размещена в виде зигзагов на цилиндрической поверхности, ось которой совпадает с осью лампы. Купол баллона слабо матирован для сглаживания бликов в световом пятне. Лампы имеют повышенную $T_{цф} = 3200$ К за счет снижения срока службы. Высокая температура тела обуславливает цикл работы: 5 мин горения и 5 мин последующего охлаждения.

Данные зеркальных киноосветительных ламп

Тип	Световой поток, лм	Осевая сила света, кд	Угол рассеяния при 0,5I, ...°	$T_{цф}$, К	Срок службы, ч	Диаметр/длина, мм
ЗК 127-500	—	10 000	35	3200	6	112/160
ЗК 220-500	—	7900	35	3200	6	112/160
ЗК 110-700	17 000	18 000	40	3250	7	180/267
ЗК 220-700	17 000	18 000	40	3250	5	180/267
ЗК 110-1000	19 500	30 000	30	3200	20	201/272
ЗК 220-1000	19 000	30 000	30	3200	20	201/272
ЗК 110-1500	30 800	60 000	30	3200	15	201/267
ЗК 220-1500	30 000	60 000	30	3200	15	201/267
ЗК 110-2500	55 000	100 000	30	3200	75	255/325
ЗК 220-2500	55 000	100 000	30	3200	75	255/325

82. Лампы-фары — зеркальные лампы накаливания с определенной кривой светорассеяния при концентрации светового потока в угле порядка 20° и большой осевой силой света. Выполнены из двух сваренных стеклянных чечевицеобразных элементов — зеркального параболоидного отражателя и прозрачного рассеивателя с резко выраженным рифлением. Сваренный баллон наполнен инертным газом, криптоном. Различают три вида ламп-фар: *первый* — в фокусе отражателя расположена вольфрамовая нить, $T_{цф} = 2900$ К; *второй* — в фокусе отражателя в качестве источника света расположена галогенная лампа, например КГМ 110-500 с $T_{цф} = 3200$ К; *третий* — наличие галогенной лампы в баллоне при рассеивателе с интерференционным покрытием для повышения $T_{цф}$ до 5000 К.

Осевая сила света, кд	35 000	17 000
Угол рассеяния на уровне силы света		
0,5I: вертикальный, ...°		14
горизонтальный, ...°		22
Срок службы, ч		50
Диаметр/длина баллона, мм		116/70

* С интерференционным покрытием.

83. Галогенные лампы накаливания представляют собой кварцевый баллон относительно небольшого диаметра, наполненный инертным газом аргоном, ксеноном или криптоном с добавлением дозированного количества галогена брома, йода или фтора. Вольфрамовая нить лампы — биспиральная (короткая), моноспиральная (длинная) или в форме плоской спирали. Иногда малогабаритные галогенные лампы с кварцевым баллоном заключают в колбу из обычного стекла с криптоновым наполнением для стабильности работы лампы. Принцип работы галогенной лампы следующий.

В процессе горения лампы вольфрам с раскаленной нити (3300 К) испаряется, оседает на стенках баллона и вступает в реакцию с галогеном, образуя при температуре баллона выше 250 °С галогенный вольфрам. Это соединение, находясь в парообразном состоянии, перемещается от стенок баллона, возле которых температура среды до 250 °С, к раскаленной нити. При температуре вблизи нити около 1450 °С галогенный вольфрам разлагается. Вольфрам оседает на раскаленную нить, а галоген перемещается к стенкам баллона, где основа вступает в соединение с осевшим на его стенках вольфрамом, начиная весь цикл сначала. В результате масса вольфрамовой нити поддерживается практически постоянной, световой поток при повышенном накале нити (3300 К) увеличивается в 2—2,5 раза, а $T_{цф}$ достигает 3200—3400 К.

Условные обозначения кварцевых галогенных ламп: К — кварцевая, Й — йодная, Г — галогенная, М — малогабаритная, МН — мини-анорная, СМ — самолетная, А — автомобильная, КГК — с концентрированным телом накала, О — с отогнутыми концами цоколя, ММ — маячная, Д — с дифференциальным телом накала (чередующиеся участки спирали с перемычками), Т — термоизлучательная. *Первое число после букв* — напряжение в вольтах, *второе* (после дефиса) — мощность в ваттах, *третье* (после знака «+») — мощность второй спирали (у автомобильных ламп). *Последняя цифра* (возможная) — модификация лампы.

Галогенные лампы накаливания

Кинопроекторные*, $T_{цф} = 3250$ К

Тип	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Размер лампы, мм
КГК 110-2000	54 000	27	200	45
КГК 220-2000	50 000	27	170	47
КГК 110-5000	140 000	28	300	65
КГК 220-5000	140 000	28	250	68
КГК 110-10 000	270 000	27	400	85
КГК 220-10 000	280 000	28	270	85

*Линейные***, $T_{цф} = 3200 \text{ К}$

КГ 110-500***	13 000	26	400	132
КГ 220-500-1***	13 500	27	150	132
КГ 110-1000*4	26 000	26	500	180
КГ 200-1000-3*4	26 000	26	400	180
КГ 110-1000-1*5	26 000	26	500	180
КГ 220-1000-4*5	26 000	26	420	180
КГ 220-2000-3*5	54 000	27	450	236
КГ 110-2000*6	52 000	26	600	262
КГ 220-2000-5	54 000	27	400	262
КГ 110-5000*7	125 000	25	2000	500
КГ 220-5000*7	125 000	25	2000	520
КГ 110-10 000*6	260 000	26	1000	675
КГ 220-10 000*6	260 000	26	2000	675

Кварцевые йодные, $T_{цф} = 3200 \text{ К}$

КИМ 30-300*8	8700	29	20	—
КИ 220-100-2	26 000	26	100	—
КИ 220-1000-3	27 000	27	400	—
КИ 110-1000	27 000	27	500	—
КИ 220-500	13 000	26	130	—
КИ 220-2000-2	26 000	28	350	—
КИМ 110-500	13 000	26	50	—
КИМ 220-1000	26 000	26	50	—
КИМ 110-500	13 000	26	150	—
КИМ 110-2000	56 000	28	400	—

Миниатюрные в трубчатом баллоне, $T_{цф} = 3200 \text{ К}$

КГМ 12-100*8, *9	3000	30	100	—
КГМ 30-300*8, *10	8700	29	20	—
КГМ 30-300-2*8, *9	9300	31	50	—
КГМ 110-500***	23 000	26	50	—
КГМ 220-1000-1***	26 000	26	50	—

* Рабочее положение вертикальное, цоколем вниз, допустимый наклон $\pm 60^\circ$; баллон цилиндрический, указан его диаметр; цоколь D38.

** Рабочее положение горизонтальное, допустимый наклон $\pm 40^\circ$, баллон трубчатый, указана длина лампы.

*** Цоколь керамический.

*4 Цоколь плоскометаллический.

*5 Цоколь керамический P7S.

*6 Выводы гибкие.

*7 Цоколь K27S/96, выводы гибкие.

*8 $T_{цф} = 3400 \text{ К}$.

*9 Цоколь G 6,35.

*10 Цоколь металлический плоский.

Характеристика светораспределения галогенных линейных ламп (продольная кривая в горизонтальной плоскости) показана на рис. 41 для условной лампы со световым потоком 1000 лм. Для определения сил света ламп с другим световым потоком вычисляется переводной коэффициент (79).

84. **Прожекторные лампы накаливания** (ГОСТ 7874—76) предназначены для работы в прожекторах: театральных, судовых, железнодорожных и других общего применения. Лампы имеют концентрирован-

ное тело накала квадратной или прямоугольной формы для получения максимальной габаритной яркости, резьбовые и фокусирующие цоколи для ориентированной установки в прожекторах и баллоны различной формы — шаровой, цилиндрической и комбинированной. Лампы предназначены для работы в основном в вертикальном положении цоколем вниз. У ламп, работающих цоколем вверх, для исключения перегрева тело накала удалено от ножки. Допускается отклонение ламп от вертикального положения на различный угол в зависимости от типа. Проекторные лампы накаливания изготавливаются на напряжение 24, 50, 110, 127 и 220 В и мощность от 250 до 3000 Вт.

Пржекторные лампы типа ПЖ разной мощности имеют цветофотографическую температуру от 2850 К (500 Вт) до 3000 К (3000 Вт) и пригодны для освещения объектов только при черно-белой съемке.

Кинопржекторные лампы имеют одинаковую температуру $T_{цф} = 3250$ К независимо от мощности и срока службы и выпускаются на напряжение 110, 127 и 220 В. Характеристика светораспределения показана на рис. 42 для условной лампы со световым потоком 1000 лм. Для

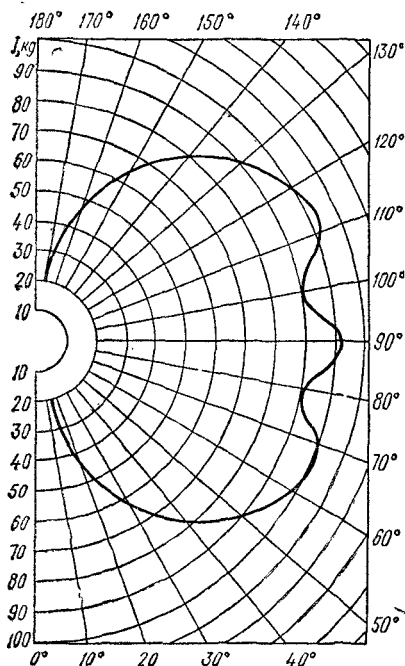


Рис. 41. Кривая силы света в горизонтальной плоскости лампы накаливания с условным световым потоком 1000 лм

определения сил света ламп с другим световым потоком вычисляется переводной коэффициент (79). Рабочее положение ламп вертикальное цоколем вниз с допустимым наклоном $\pm 60^\circ$. Для ламп 2000 Вт и более в баллон помещен вольфрамовый порошок для удаления налета с внутренних стенок. Форма баллона у ламп мощностью 500 Вт цилиндрическая, у остальных — шаровая.

Кинопржекторные лампы накаливания, $T_{цф} = 3250$ К

Лампа	Φ , лм	η , лм/Вт	Срок службы, ч	Диаметр баллона, мм	Тип цоколя
КПЖ 110-500-1	12 250	24,5	25	65	—22
КПЖ 220-500	12 500	25	25	65	—22
КПЖ 110-2000-1	53 500	26,5	40	150	—38
КПЖ 220-2000-1	52 000	26	35	150	—38
КПЖ 110-3000-1	82 000	27,5	50	200	—38
КПЖ 220-3000	79 500	26,5	60	200	—38
КПЖ 110-5000	142 500	28,5	50	200	—38

85. Лампы накаливания для киноаппаратуры (ГОСТ 4019—74), предназначенные для установки в кинопроекторную и другую оптическую аппаратуру, в некоторых случаях могут применяться для съемочного освещения.

Лампа	U, В	P, Вт	Φ, мм	Долговечность, ч
K4-3-2	4	3	26	100
K5-35	5	35	85	600
K6-30	6	30	550	150
K6-30-1	6	30	580	50
K10-50	10	50	900	100
K10-50-2	10	50	900	100
K10,5-80	10,5	80	2000	25
K10,5-80-2	10,5	80	2000	25
K12-30	12	30	530	50
K12-30-1	12	30	600	50
K12-30-2	12	30	600	50
K12-50	12	30	1120	50
K12-50-1	12	50	1120	50
K12-90	12	50	2500	25
K17-170	17	170	22 · 10 ⁶ *	30
K17-170-2	17	170	22 · 10 ⁶ *	30
K30-400	30	400	22 · 10 ⁶ *	60
K40-750-1	40	750	22 · 10 ⁶ *	40
K60-750	60	750	22 · 10 ⁶ *	30

* Габаритная яркость, кд/м².

86. Импульсные лампы представляют собой источники однократного или многократного действия, излучающие кратковременные вспышки света малой длительности и значительной яркости. При небольшой средней мощности в импульсе излучается до нескольких киловатт в течение нескольких миллисекунд. Импульсные лампы делятся на электрические (лампы-вспышки или вакублицы) и электронные. Процесс их горения во времени неодинаков и зависит от физических свойств источника (рис. 43).

В соответствии с ходом горения светораспределение различных импульсных ламп характеризуется несколькими классами (рис. 44), обозначенными латинскими буквами X, M, S, FP (на зарубежных съемочных камерах этими буквами обозначаются синхроконтракты). Момент вспышки (максимум в излучении) запаздывает во времени и требует согласования работы затвора с зажиганием лампы. Ее предварительное включение (время упреждения) обеспечивается синхроконтрактами (на корпусе камеры или на объективе с центральным затвором), обозначаемыми X — для электронных и M — для однократных ламп-вспышек, или символами — молниями и контуром электролампы соответственно.

Лампы-вспышки однократного действия выполняются с кислородным наполнением в стеклянных баллонах обычной формы ламп накаливания или в специальных миниатюрных баллонах, содержащих нить сгорания и горючее вещество в виде алюминиевой, магниевой или циркониевой фольги. Лампы в обычном баллоне в качестве горючего вещества содержат магниевую или алюминиевую фольгу, лампы в миниатюрных баллонах — циркониевую фольгу, покрытую быстровос-

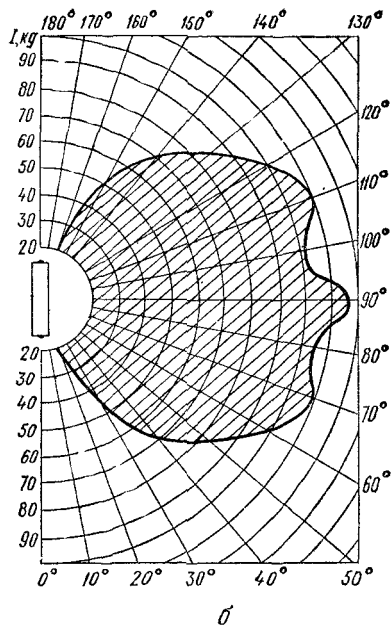
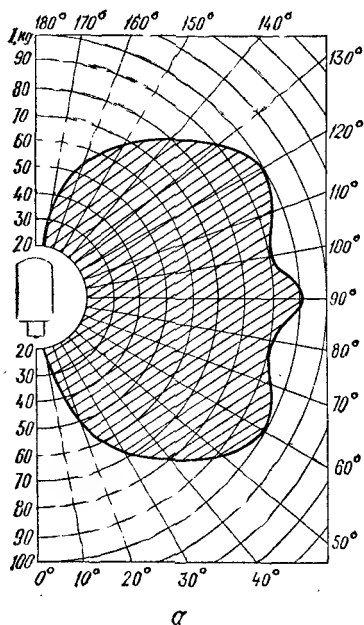


Рис. 42. Типовые кривые светораспределения кинопржекторных ламп накаливания со световым потоком 1000 лм в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости площади тела накала (а) и галогенной лампы с линейным моноспиральным телом накала в продольной плоскости (б)

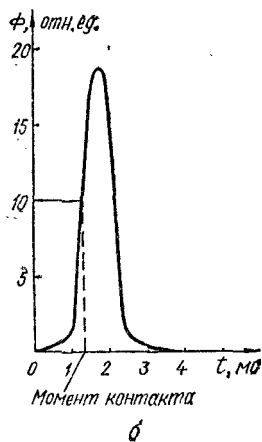
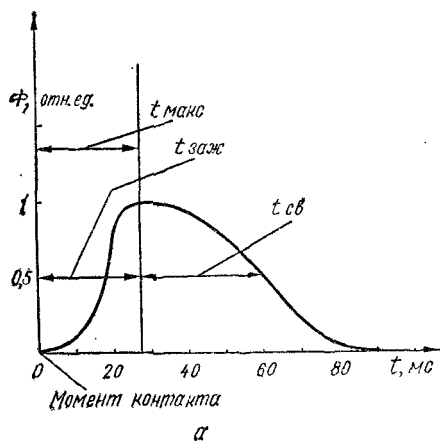


Рис. 43. Световые характеристики импульсных ламп: а — лампы-вспышки одноразового действия; б — электронной

пламеняющейся пастой. При включении питания от батарейки карманного фонаря или «Крона» нить сгорает и поджигает фольгу. Вспыхивая в кислороде, фольга дает световую вспышку, длительностью 10—50 мс с $T_{цф} = 3400...3700$ К и $\Phi = 20\ 000$ лм. Лампы-вспышки инерционны. Момент вспыхивания характерен запаздыванием во времени на 10—30 мс. Время упреждения открытия затвора фотокамеры указывается в паспорте лампы.

Электронные импульсные лампы (многократного действия) создают световое излучение в импульсе длительностью 0,5—1 мс. Баллоны диаметром 2—10 мм выполнены из кварцевого, обычного или увиолевого стекла с ксеноновым (в основном) наполнением. Импульсные лампы имеют два рабочих электрода с искровым промежутком между

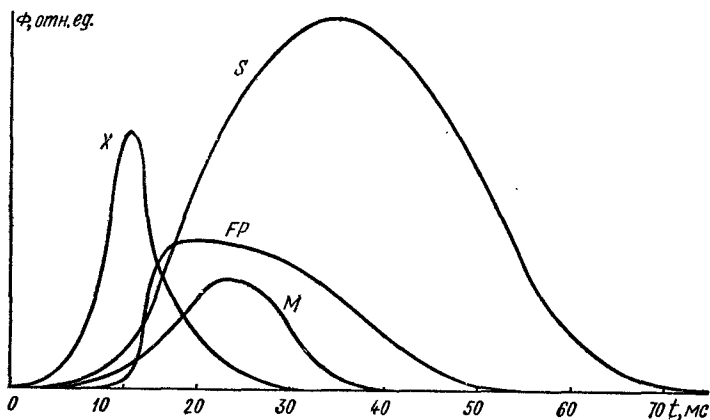


Рис. 44. Временные кривые горения ламп-вспышек с различными излучателями

ними. Третий электрод — поджигающий — может быть внутренним или внешним в виде проволоочной или ленточной накладки. Различные импульсные лампы применяют как правило в одном из двух режимов — фотоосветительном (для создания редких, но мощных световых вспышек) и стробоскопическом (для частого излучения маломощных световых вспышек).

Конструкция определяет назначение импульсных ламп и разделяет их на два вида — трубчатые и шаровые. *Трубчатые* лампы имеют искровой промежуток 1—100 см, энергию вспышки $W = 1...100\ 000$ Дж, длительность вспышки $t_{всп} = 0,1...10$ мс, световую отдачу $\eta = 30...50$ лм · с/Дж, амплитудную яркость до 10^{10} кд/м² и частоту вспышек не более 100 Гц. *Шаровые* лампы имеют искровой промежуток 0,1—1 см, $W = 0,001...10$ Дж, $t_{всп} = 0,001...0,1$ мс, $\eta = 5...15$ лм · с/Дж, амплитудную яркость до $3 \cdot 10^{11}$ кд/м² и частоту вспышек до 10 кГц.

Схема включения импульсной газоразрядной лампы показана на рис. 45. Питательная лампа конденсатор $C1$, заряженный от источника высокого напряжения $B1$, разряжается через импульсную лампу L при подаче дополнительного напряжения на внешний поджигающий электрод через синхроконтакты $СК$ съемочной камеры. В момент зажигания газ в трубке ионизируется, приобретает значительную элек-

тропроводность и создает для питающего конденсатора очень малое шунтирующее динамическое сопротивление. Вся энергия конденсатора разряжается через ионизирующий газ, создавая вспышку света. Длительность импульса разряда определяется произведением RC_1 , где C_1 — емкость питающего (накопительного или зарядного) конденсатора, в фарадах; R — сопротивление ионизированного газа лампы,

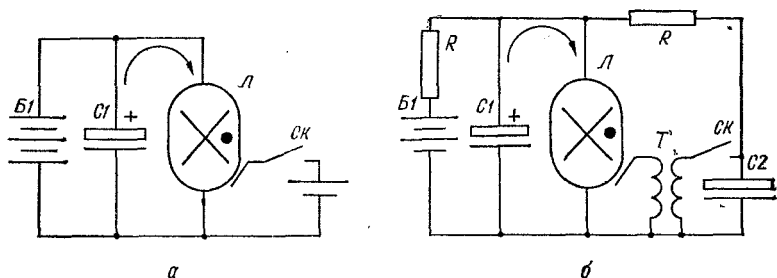


Рис. 45. Принципиальная схема (а) и схема включения импульсной лампы (б):

L — импульсная лампа; R — ограничительное сопротивление; C_1 — накопительный конденсатор; C_2 — конденсатор зажигания; T — импульсный трансформатор; $B1$ — батарея (источник высокого напряжения); $СК$ — синхроконтакты

в омах. Энергия световой вспышки W зависит от емкости накопительного конденсатора и напряжения на его выводах — $W = U^2C/2$, где U — в вольтах; C — в фарадах.

Световые величины, характеризующие импульсным разрядом (B , Φ , I и др.), изменяются по закону, показанному на рис. 46, а. Точная

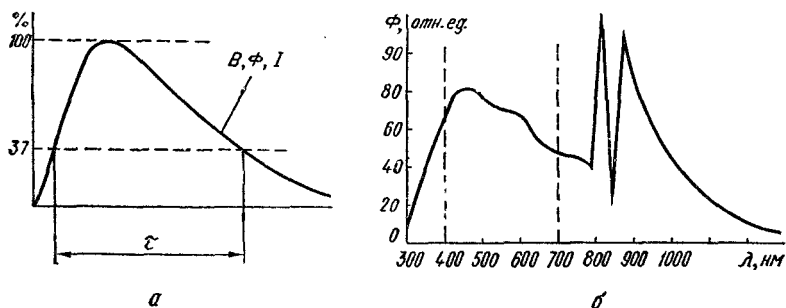


Рис. 46. Кривая зависимости световых величин импульсного разряда B , Φ , I от времени (а) и спектральная кривая излучения импульсной лампы ИФК-120 (б)

фиксация начала импульса света и его погасания практически невозможна, поэтому длительность импульса какой-либо световой величины определяется значением, относящимся к уровню 0,37 от максимального уровня вспышки.

Спектральный состав излучения трубчатых импульсных ламп близок к дневному свету при сплошной облачности (6000—7000 K), в зависимости от режима работы лампы, и охватывает спектр длин

волн 155—4500 нм при кварцевой колбе и 290—3000 нм — при стек-
лянной.

Наиболее распространена лампа ИФК-120. Спектральное распре-
деление ее излучения показано на рис. 46, б.

Данные трубчатых импульсных ламп

ИФК-50* ИФК-120** ИФК-300*** ИФК-500** ИФК-2000* ИФБ-300***

Энергия вспышки, Дж . . .	50	120	300	500	200	300
Световая энергия, лм·с . . .	700	2500	5000	10 000	60 000	5000
Емкость питающего конденса- тора, мкФ	2500	2500	6500	4000	16 000	6500
Рабочее напряже- ние, В	200	200	300	500	500	300
Напряже- ние зажи- гания, В	140	180	240	400	250	240
Напряже- ние само- пробоя, кВ	1	1	1,5	3,5	2,2	4
Длитель- ность вспышки, мс . . .	0,4	1,2	8	8	4	8
Наимень- шее освеще- ние, кд·с	100	250	—	1000	6000	500
Интервал вспышек, с	10	10	—	15	15	7,5

* Прямая.

** U-образная (спектральная кривая излучения показана на рис. 46, б).

*** Кольцевая.

** Спиральная.

** U-образная.

Обозначение импульсных ламп состоит из букв и цифр. Первая бук-
ва И — импульсная (общая для всех ламп), вторая: Ф — фотоосвети-
тельная, С — стробоскопическая; третья — обозначает конструкцию:
К — компактная (со свернутой трубкой), П — прямая, Т — точеч-
ная, Ш — шаровая (широкая). Для фотоосветительных ламп третья
буква определяет форму светового пучка: К — конусный пучок света,
П — плоское освещение, Б — бестеневое освещение. Цифры обозна-
чают: для фотоосветительных ламп — номинальную энергию вспышки
в джоулях, для стробоскопических — номинальную среднюю мощ-
ность в ваттах.

87. Люминесцентные осветительные лампы общего применения
(лампы дневного света) — это ртутные лампы низкого давления, в ко-
торых используется люминофор (светосостав) для получения излу-

чения различной цветности в видимой области спектра (ГОСТ 6825—74).

Цветность излучения ориентировочна и указывается буквами в обозначении.

Лампы ЛД — дневного света (голубоватые) с $T_{цф} = 6000...7000$ К, соответствующей свету пасмурного дня. Цветность: $x = 0,306...0,320$; $y = 0,327...0,347$.

Лампы ЛХБ — холодно-белого света с $T_{цф} = 4300...5100$ К, соответствующей свету неба днем, покрытого тонким слоем облаков. Цветность: $x = 0,358...0,380$; $y = 0,364...0,390$.

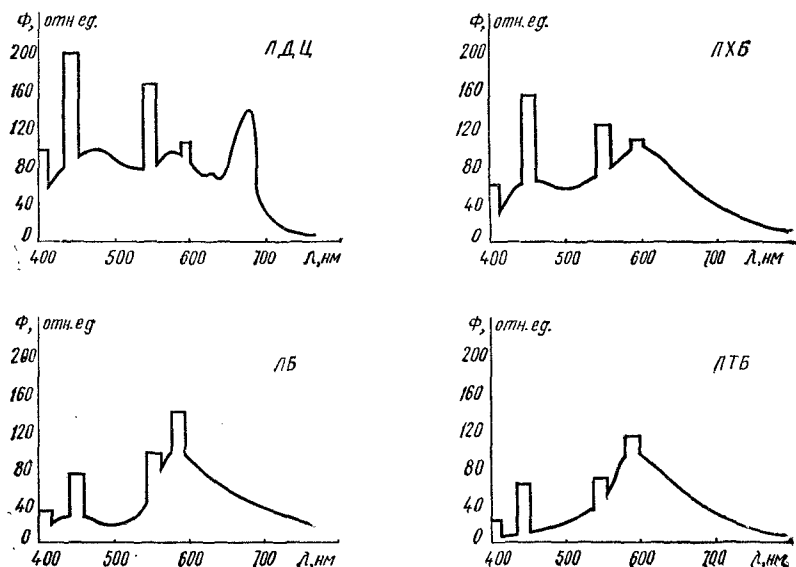


Рис. 47. Усредненные спектральные кривые люминесцентных ламп дневного света

Лампы ЛБ — белого света с $T_{цф} = 3400...3800$ К, соответствующей свету яркого солнечного дня. Цветность: $x = 0,393...0,415$; $y = 0,383...0,409$.

Лампы ЛТБ — тепло-белого света с $T_{цф} = 2900...3200$ К, соответствующей свету ламп накаливания. Цветность: $x = 0,424...0,444$; $y = 0,393...0,417$.

Лампы ЛДЦ — лампы ЛД с улучшенной цветностью, $T_{цф} = 5700...6400$ К. Цветность: $x = 0,315...0,330$; $y = 0,325...0,350$.

Лампы ЛЕЦ — лампы «де-люкс» естественного света с улучшенной цветностью, $T_{цф} = 4000$ К. Цветность: $x = 0,367...0,397$; $y = 0,352...0,382$.

Лампы ЛТБЦ — лампы с $T_{цф} = 2700$ К. Цветность: $x = 0,435...0,465$; $y = 0,380...0,410$.

Лампы ЛХЕЦ — лампы холодно-естественного света с $T_{цф} = 5000$ К. Цветность: $x = 0,330...0,350$; $y = 0,325...0,350$.

Лампы ЛДЦУФ — лампы дневного света с повышенной долей УФ излучения, $T_{\text{цф}} = 6000 \dots 7000$ К. Цветность: $x = 0,315 \dots 0,330$; $y = 0,325 \dots 0,350$.

Длина волны максимумов излучений в спектре ламп дневного света

Лампа	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
λ , нм	490	480	590	580	590

Интенсивность спектральных линий шириной 10 нм в излучении ламп дневного света, отн. ед.

Линии	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
404,7/7,8	73,7	55	41,5	35	38
435,8	207,5	159	119	92,7	111
546,1	110	79	61,3	45,5	66
577,0/9,0	31,2	24,2	18,2	13,4	15,4

Спектральные характеристики ламп дневного света показаны на рис. 47. Точное воспроизведение цветности дневного света различного качества не выполняется, так как просвечивается излучение ртутного разряда. Излучение ламп близко к диффузному. Яркость $B = 4000 \dots 8000$ кд/м², световая отдача 65 лм/Вт, средняя продолжительность горения 12 000 ч.

Световой поток люминесцентных ламп, лм

P , Вт	U , В*	I , А	ЛДЦ	ЛД	ЛХБ	ЛТБ	ЛБ
15	54	0,93	500	590	675	700	760
20	59	0,37	820	920	935	975	1180
30	104	0,36	1450	1640	1720	1720	2100
40	103	0,43	2100	2340	3000	3000	3120
65	110	0,67	3050	3570	3820	3980	4650
80	102	0,87	3740	4070	4440	4440	5220

* Напряжение на лампе.

Основные размеры люминесцентных ламп

Мощность, Вт	15	20	30	40	65	80
Диаметр, мм	27	40	27	40	40	40
Длина без контактов, мм	437,4	489,8	894,6	1194,4	1500	1500
Длина полная, мм	451,6	604,0	908,0	1213,6	1514,2	1514,2

Люминесцентные лампы повышенной интенсивности (срок службы 3000 ч)

	ЛХБ-125-2	ЛБ-125-1	ЛХБ-150	ЛХБ-200
Напряжение на лампе, В	70	120	90	65
Ток, А	2	1,25	1,9	3,9
Световой поток, лм	6200	6000	8000	10 000
Диаметр, мм	38	38	40	55
Длина без штырьков, мм	1194,4	1500	1500	1500

Люминесцентные лампы включаются по схеме, приведенной на рис. 48. Дроссель (индуктивность) служит для ограничения тока лампы в момент зажигания и для стабильности режима горения. В момент нажатия кнопки вольфрамовые нити накаляются, пары ртути ионизируются, в них происходит разряд и лампа зажигается. Вместо кнопки применяется специальный пускатель (стартер), автоматически включающий и выключающий нити накаливания. В схему включается конденсатор, уменьшающий потребляемый ток в 5—8 раз.

88. Дуговые ртутные люминесцентные лампы ДРЛ (ГОСТ 16354—77) работают по принципу воздействия УФ излучения дугового разряда в парах ртути на специальный люминофор, вызывая его свечение красным светом. Суммарное излучение состоит из УФ лучей (около 40 %) и лучей красной зоны спектра.

Конструктивно лампы ДРЛ выполнены в виде так называемой кварцевой «горелки» (ртутной лампы), помещенной в стеклянный баллон покрытый внутри люминофором. Излучение кварцевой горелки на волнах 254 и 365 нм воздействует на люминофор, возбуждая красные лучи с длиной волны до 700 нм. Для их количественной оценки введено понятие «красное отношение», выражающее часть красных лучей в процентах, добавляемых к световому потоку УФ лучей кварцевой горелки. Полный световой поток лампы ДРЛ содержит поток видимых линий (полос) дугового разряда в парах ртути до 600 нм, просвечивающих сквозь слой люминофора, и красный световой поток люминесценции до 700 нм. Спектр излучения ламп ДРЛ практически совпадает с солнечным светом (5000—5500 К).

Обозначение ламп ДРЛ состоит из начальных букв выражения — дуговая ртутная люминесцентная и цифр, показывающих мощность в ваттах. Цифры в скобках выражают «красное отношение» в процентах. Включают в сеть переменного тока напряжением 220 В с помощью пускорегулирующего аппарата ПРА.

Данные ламп ДРЛ

Тип	<i>P</i> , Вт	<i>U</i> , В	<i>I</i> , А	<i>I</i> _{пуск} , А	Φ , лм	<i>l</i> / $\varnothing^*$, мм
ДРЛ-80(6)-2	80	115	0,8	1,7	3400	165/81
ДРЛ-80(10)	80	115	0,8	1,7	3400	165/81
ДРЛ-125(6)-2	125	125	1,15	2,6	6000	184/91
ДРЛ-125(10)	125	125	1,15	2,6	6000	184/91
ДРЛ-250(6)	250	130	2,13	4,5	13 000	227/91
ДРЛ-250(10)	250	130	2,13	4,5	13 000	227/91
ДРЛ-400(6)-2	400	135	3,25	7,15	23 000	292/122
ДРЛ-400(10)	400	135	3,25	7,15	23 000	292/122
ДРЛ-700(6)-2	700	140	5,4	12,0	40 000	368/152
ДРЛ-700(10)	700	140	5,4	12,0	40 000	368/152
ДРЛ-1000(6)-2	1000	145	7,5	16,5	57 000	410/181
ДРЛ-1000(10)	1000	145	7,5	16,5	57 000	410/181
ДРЛ-2000	2000	270	8,0	25,0	120 000	445/187

* *l* — длина, $\varnothing$ — диаметр.

П р и м е ч а н и е: Для ламп ДРЛ мощностью 80 и 125 Вт цоколь Е27/32 × 30, для остальных — Е40/45.

89. Металлогалогенные лампы ДРИ (дуговые ртутные йодидные) работают по принципу дугового разряда в парах ртути высокого давления и галогенидов (йодидов) металлов диспрозия, галлия, натрия, таллия, индия и других (электролюминесценция). Спектры излучения этих металлов накладываются на спектр излучения ртутного разряда, дополняя его. Такое воздействие приводит к повышению световой отдачи до 100 лм/Вт и улучшению цветности до 5500—6500 К.

Лампы выпускают мощностью 200—7000 Вт в двух исполнениях — шаровых колбах из кварцевого стекла (ДРИШ) и цилиндрических (трубчатых) баллонах из обычного или кварцевого стекла (ДРИ). Шаровые лампы излучают свет от короткой (точечной) дуги, трубчатые — от длинной. Лампы включают в сеть переменного тока через пускорегулирующий аппарат ПРА.

Для телевидения выпускают металлогалогенные лампы, характерные высоким качеством цветопередачи. Особенностью их конструкции яв-

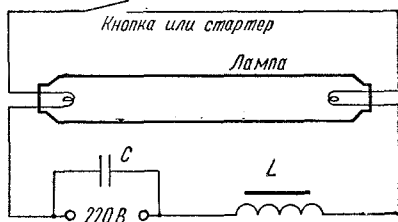


Рис. 48. Схема включения люминесцентной лампы

ляется расположение одного (поджигающего) электрода вне цоколя лампы для подачи высоковольтного импульса (60 кВ) с целью мгновенного перезажигания горячей лампы.

Линейные лампы для телевидения (рабочее положение горизонтальное)

ДРИ-400 ДРИ-1000-1 ДРИ-1000-2 ДРИ-2000-1 ДРИ-3000-1

Световой поток, клм	25,2	70	65	155	300
Длина дуги, мм	—	60	60	105	150
Цветотемпература, К	6000	6000	3400	6000	6000
Мощность, Вт	400	1000	1000	2000	3500
Напряжение на лампе, В	125	125	125	230	220
Ток лампы, А	3,25	9,5	9,5	10,3	18
Диаметр лампы, мм	62	80	80	100	100
Длина лампы, мм	330	405	405	485	485

Шаровые лампы для телевидения (рабочее положение любое)

ДРИШ-575 ДРИШ-1200 ДРИШ-2500 ДРИШ-4000

Световой поток, клм	44	100	220	370
Длина дуги, мм . . .	11	13	20	34
Цветотемпература, К . . .	6000	6000	6000	6000
Мощность, Вт . . .	575	1200	2500	4000
Напряжение на лампе, В	95	100	115	200
Ток лампы, А	7,2	13,2	26	23
Диаметр лампы, мм	21	27	30	38
Длина лампы, мм	140	220	360	405

СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ И КОМПЛЕКСЫ

90. Общая характеристика (ГОСТ 16703—79). Световой прибор (СП) — это устройство, содержащее одну или несколько ламп и светотехническую арматуру, перераспределяющую световой поток в окружающее пространство посредством оптической системы для освещения или сигнализации. Оптическая система — часть светотехнической арматуры для перераспределения и преобразования света лампы посредством оптических элементов: отражателей, рассеивателей, преломлятелей, линз, световодов, светофильтров, поляроидов, защитных стекол, диафрагм, экранирующих решеток, шторок или колец; перераспределение света лампы выражается коэффициентом усиления СП. По характеру распределения света СП подразделяются на три основных вида: светильники, прожекторы и проекторы (используемые в обиходе термины общеосветительных приборов «Бра», «Плафон» и «Торшер» в светотехнике неприменимы).

Светильник — это СП, перераспределяющий свет внутри телесных углов (до 4π — сфера) и предназначенный для общего освещения относительно близких объектов. Коэффициент усиления света не превышает 15 для симметричных и 25—30 для круглосимметричных приборов.

Прожектор — СП, перераспределяющий свет внутри малых телесных углов с созданием узкого светового луча для освещения относительно удаленных предметов или малых площадей объектов. Коэффициент усиления света не более 30. Из прожекторов, как СП направленного действия, выделяются: прожекторы общего назначения, кинопрожекторы (в том числе театральные, и телевизионные), поисковые, светосигнальные (маяки), светофоры, фары и др.

Проектор — СП, концентрирующий световой поток лампы на относительно малой площади излучателя (тела накала) или в относительно малом его объеме и предназначенный для освещения кадрового окна фото- или кинопроектора (модификацией проектора является светооптический концентратор, предназначенный для лучистого нагрева объектов с целью, например, испарения жидкости, плавки металла или накачки лазеров).

Осветительный прибор — СП для специальных целей освещения.

Световой комплекс (система осветителей) — комплект световых приборов с пускорегулирующим устройством для создания определенной структуры освещения объекта.

91. Светотехнические характеристики СП выражают распределение светового потока излучателя в окружающее пространство. Каждый световой прибор рассматривается с точки зрения геометрических сечений, образующих светооптические элементы СП. Световые величины в пространстве определяются по кривым сил света в меридиональных и экваториальных углах.

Светооптические элементы световых приборов (рис. 49—52). **Световой центр** — условно принятая точка внутри прибора (излучателя), в которой светораспределение минимально отличается от расчетного.

Оптическая ось — условная прямая, проходящая через световой центр прибора. Для круглосимметричного прибора оптической осью является его ось симметрии; для симметричного СП с одной плоскостью симметрии — линия, лежащая в этой плоскости в направлении максимальной силы света; для симметричного СП с двумя плоскостями симметрии — линия пересечения этих плоскостей; для несимметричного СП — линия, принятая за начало отсчета угловых координат.

Продольная ось — условная прямая, проходящая через световой центр прибора с трубчатой линейной лампой параллельно оси лампы.

Продольная плоскость Q — условная плоскость, проходящая через продольную ось прибора; Q_r — главная продольная плоскость,

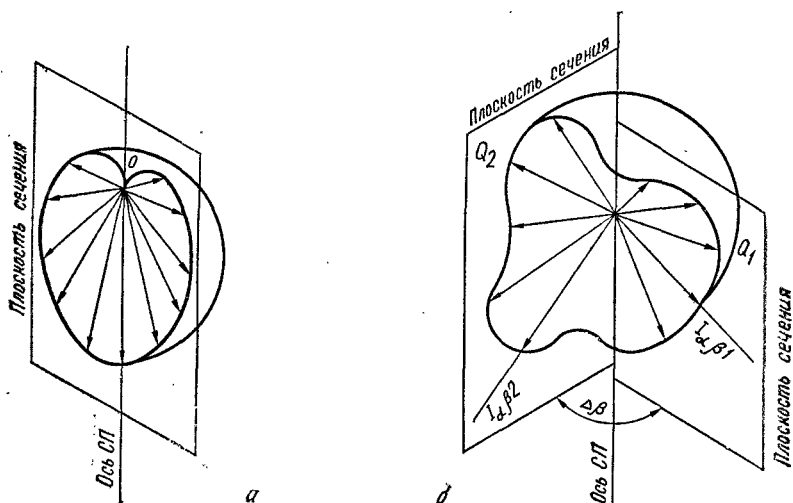


Рис. 49. Сечение фотометрического тела:

а — симметричного, рассеченного одной плоскостью; *б* — несимметричного, рассеченного двумя плоскостями

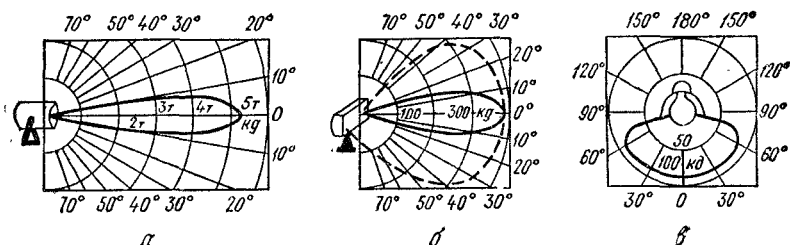


Рис. 50. Кривые силы света:

а — круглосимметричного прожектора; *б* — симметричного прибора с веерным пучком в двух плоскостях симметрии; *в* — круглосимметричного осветителя; — и — — — — сила света в главной поперечной и продольной плоскостях соответственно

являющаяся плоскостью симметрии для симметричных приборов и характеризующая начало отсчета экваториальных углов.

Поперечная плоскость P — условная плоскость, перпендикулярная продольной оси прибора; P_r — главная поперечная плоскость, перпендикулярная главной продольной плоскости, является плоскостью симметрии для симметричных приборов.

Меридиональная плоскость — условная плоскость, проходящая через оптическую ось прибора.

Меридиональный угол α — угол между данным направлением в меридиональной плоскости и вертикалью, проходящей через световой центр прибора (отсчитывается от надира против хода часовой стрелки).

Экваториальная плоскость S — условная плоскость, перпендикулярная оптической оси прибора; S_r — главная экваториальная плоскость, проходящая через световой центр.

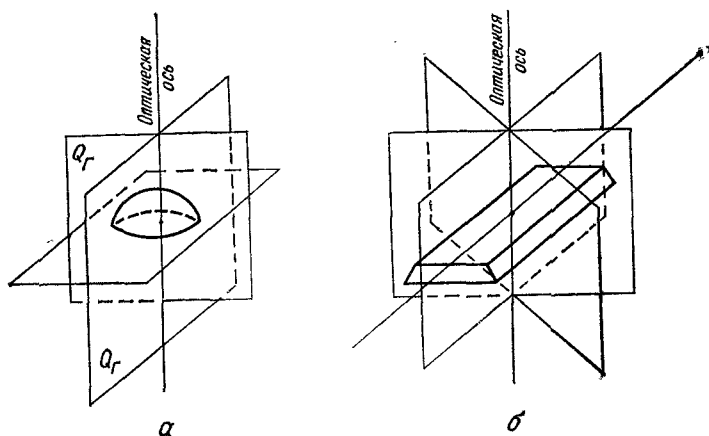


Рис. 51. Оптическая ось и меридиональные плоскости:

a — круглосимметричного прибора; b — прибора с двумя плоскостями симметрии

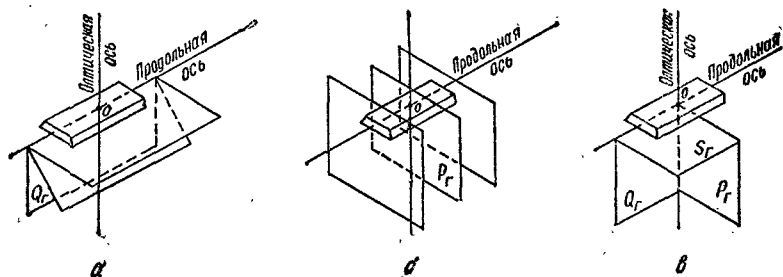


Рис. 52. Основные геометрические сечения световых приборов:

a — продольное; b — поперечное; a — главные плоскости сечений Q_r , P_r и S_r

Экваториальный угол β — угол между данным направлением в экваториальной плоскости и главной продольной плоскостью (отсчитывается по ходу часовой стрелки).

Световые определения. Светораспределение СП графически выражается формой фотометрического тела и описывается кривыми силы света (КСС). Фотометрическим телом СП называется геометрическое место концов радиус-векторов, выходящих из светового центра прибора, длина которых пропорциональна силе света в соответствующем направлении.

Кривая силы света — кривая зависимости силы света от меридиональных и экваториальных углов, получаемая сечением фотометрического тела условными плоскостями. В зависимости от формы фотометрического тела СП делются на симметричные (с осью или плоскостью симметрии) и несимметричные (специальные СП). Кривые силы света строятся обычно в системе полярных или прямоугольных коор-

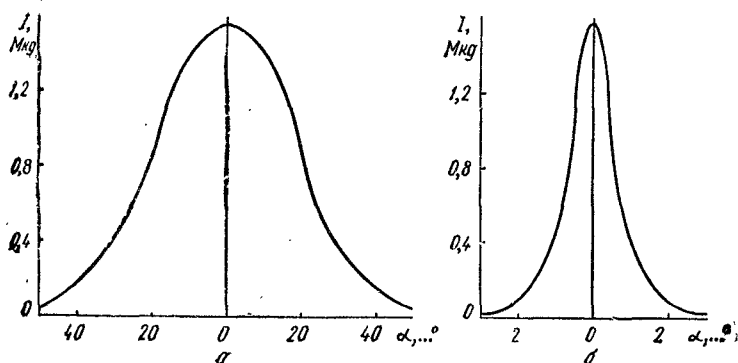


Рис. 53. Кривые сил света СП с параболо-цилиндрическим отражателем в прямоугольных координатах в продольной (а) и поперечной (б) плоскости сечения фотометрического тела

динат. Для осветителей с большими углами рассеяния света применяется система полярных, а для прожекторов — система прямоугольных координат (рис. 53).

Для СП с линейными лампами кривые светораспределения строятся для двух плоскостей симметрии — продольной и поперечной (рис. 52).

Меридиональные КСС характеризуют светораспределение в меридиональной плоскости, в которой угол β постоянен и определяет положение данной меридиональной плоскости по отношению к главной продольной плоскости прибора, а сила света зависит от угла α (рис. 54).

Экваториальные КСС при постоянном угле α характеризуют зависимость силы света от угла β . Для выражения светораспределения любого кругло-симметричного СП достаточно одной меридиональной КСС, поскольку фотометрическое тело такого прибора можно образовать вращением этой кривой вокруг оптической оси (при изображении в системе полярных координат).

Для СП с двумя плоскостями симметрии (осветители и прожекторы с линейными лампами) характер светораспределения выражается КСС в двух главных плоскостях — продольной и поперечной.

Для осветителей с линейными лампами КСС строятся в поперечных плоскостях, в которых отражатель охватывает основную часть потока

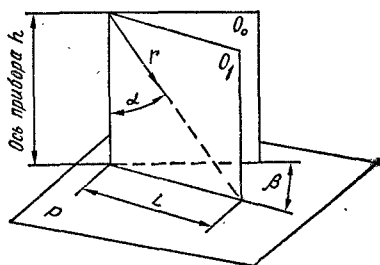


Рис. 54. К определению углов α и β и расстояния r

лампы. В продольных плоскостях вследствие большой длины линейной лампы и конструкции арматуры отражатель почти не играет никакой роли и КСС для продольного направления как правило не приводятся.

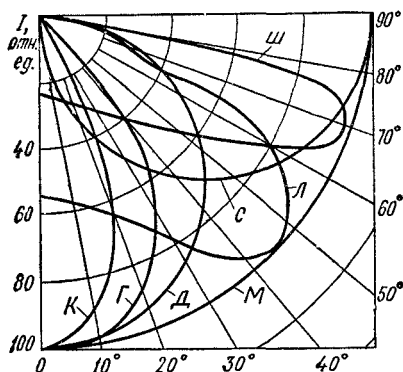
Характеристика светораспределения. По распределению светового потока в нижнюю (переднюю) полусферу СП подразделяются (ГОСТ 13828—74) на пять классов:

Класс и характер светораспределения		Часть светового потока в нижней полусфере, %
П	Прямой свет	>80
Н	Преимущественно прямой	60—80
Р	Рассеянный	40—60
В	Преимущественно отраженный	20—40
О	Отраженный	≤ 20

Форма кривой силы света для различных СП является независимой характеристикой и подразделяется на семь типов (рис. 55):

Тип и название КСС	Зона направле- ний $I_{\max}$, ...°	Коэффициент формы КСС*
К Концентрированная	0—15	3
Г Глубокая	0—30	2—3
Д Косинусная	0—35	1,3—2
Л Полуширокая	35—55	1,3
Ш Широкая	55—85	1,3
М Равномерная	0—90	1,3
С Синусная	70—90	1,3

* Отношение максимальной силы света к условному среднеарифметическому значению (K_{ϕ}).



Для некоторых СП приводятся дополнительные характеристики светораспределения:

коэффициент усиления K_{α} — величина, характеризующая усиление прибором силы света в данном направлении относительно силы света лампы в этом же направлении;

Рис. 55. Типы кривых светораспределения световых приборов

осевая сила света I_0 — максимальная сила света в направлении оптической оси;

угол рассеяния — плоский угол телесного угла, на границах которого сила света составляет $I_{\alpha} = 0,1 I_{\max}$. Для некоторых приборов

угол рассеяния принимается $I_{\alpha} = 0,5 I_{\text{макс}}$ (прожекторы дальнего действия) или $I_{\alpha} = 0,01 I_{\text{макс}}$ (для маяков);

фотометрическое расстояние (дистанция оформления луча) — расстояние от светового прибора, с которого освещенность поверхности можно определять по закону квадратов расстояний (обратных квадратов, 23). Для прожекторов дистанция оформления луча практически определяется числом диаметров его линзы или выходного отверстия при узком и широком луче, для других приборов — числом диагоналей выходного отверстия.

Осветители и прожекторы, действующие на относительно больших расстояниях, превышающих более чем в 10 раз размеры самих СП, характеризуются *распределением силы света* — пространственной плотностью светового потока. Осветители, действующие на относительно

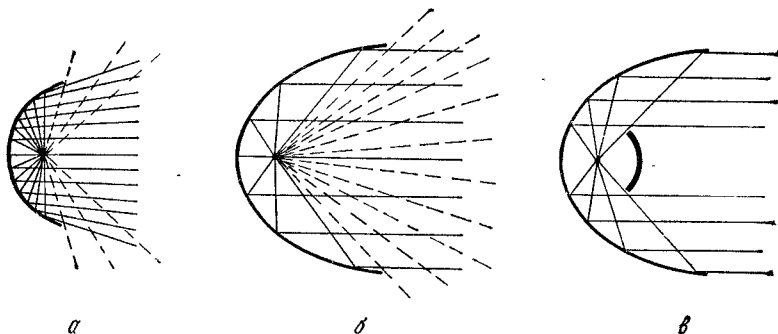


Рис. 56. Отражатели света:

а — сферический (широкий излучатель); *б* — параболический (глубокий излучатель); *в* — параболический с контротражателем; — — — рабочие световые лучи; — — — прямые лучи излучения

малых расстояниях, характеризуются *распределением освещенности* — плотностью светового потока на освещаемой поверхности.

Для световых приборов — прожекторов — основным световым параметром является *габаритная яркость* — яркость площади тела накала лампы в данном (осевом) направлении, определяемая отношением силы света в этом направлении к площади тела накала.

92. **Оптические системы световых приборов** предназначены для получения изображения источника света с той же яркостью (при условии равенства единице ρ и τ отражающих и пропускающих элементов) с целью распределения светового потока. При его концентрации оптической системой в заданном направлении видимое изображение светящегося тела источника с этого направления имеет увеличенные размеры. Оптические системы делятся на отражающие, преломляющие и комбинированные.

Отражающие оптические системы состоят из вогнутых или плоских зеркальных отражателей, выполненных цельными или составными с гладкой, ломаной, волнистой или офактуренной поверхностью. В основных видах зеркальных отражателей используются оптические свойства параболических, эллиптических, сферических, гиперболических и плоских поверхностей и поверхностей, сочетающих в себе эти особенности (рис. 56, *а-в*).

Наиболее распространен *параболоидный глубокий излучатель* для шаровых ламп (рис. 56, б), в котором световые лучи источника, расположенного в фокусе, отражаются параллельно в направлении оптической оси. Это свойство позволяет получать наибольшую концентрацию излучения в требуемом направлении (прожекторы). Для линейных ламп применяется парабо-цилиндрический отражатель.

Для повышения концентрации светового потока в прожекторах за счет экранировки прямого света лампы применяется *контротражатель*

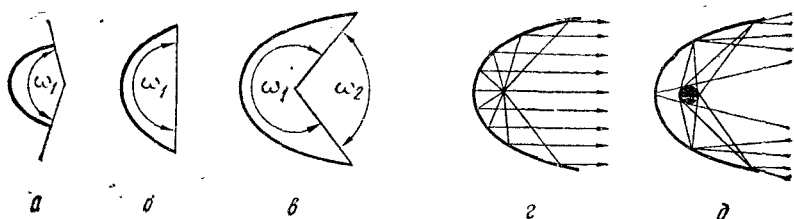


Рис. 57. Схема параболоидного отражателя:

а — неглубокого; б — нормального глубокого; в — глубокого; г — глубокого с точечным излучателем; д — глубокого с излучателем больших габаритов

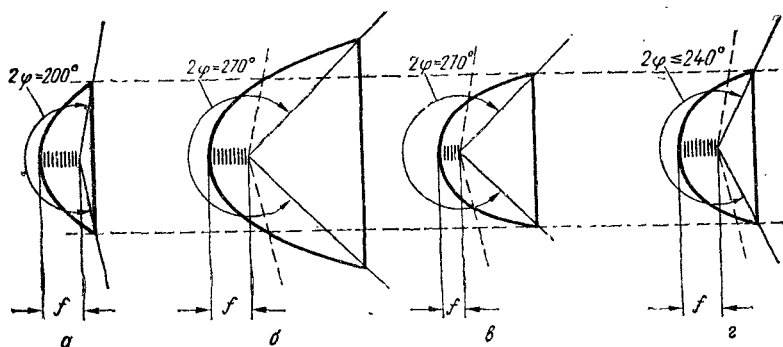


Рис. 58. Схема определения угла охвата 2φ параболоидного отражателя (f — фокусное расстояние):

а — при нормальном f у нормального глубокого отражателя; б — при нормальном f у глубокого отражателя с увеличенным диаметром при угле $2\varphi = 270^\circ$; в — при уменьшенном f у нормального отражателя с углом $2\varphi = 270^\circ$; г — при нормальном варианте глубокого отражателя с нормальным f и углом $2\varphi = 240^\circ$.

(рис. 56, в), отражающий прямые лучи лампы на основной отражатель, увеличивая световой поток и улучшая равномерность светораспределения. Контротражателем может служить зеркальная поверхность стеклянного баллона лампы, направленная в сторону отражателя. В основном контротражатель применяется в бестеневых осветителях для устранения ненужного влияния прямого света излучателя.

Параболоидные отражатели, в зависимости от размеров и положения источника света подразделяются на три вида, характеризующихся углом охвата ω_1 : неглубокий отражатель при $\omega_1 \leq 120^\circ$ (рис. 57, а), нормальный глубокий при $\omega_1 = 180^\circ$ (рис. 57, б) и глубокий при $\omega_1 \geq 180^\circ \leq 240^\circ$ (рис. 57, в—д). Световой поток воспринимается парабоидным отражателем в пределах телесного угла ω_1 (степень

использования) и после отражения концентрируется в телесном угле ω_2 (рис. 57, в). Поскольку в данном случае $\omega_1 \gg \omega_2$, сила света отраженных лучей во много раз больше силы света прямых лучей излучателя. Степень использования светового потока лампы выражается углом охвата 2φ в виде плоского угла, образованного крайними лучами, падающими на оптический элемент — отражатель и, следовательно, соответствующего телесному углу ω_1 (рис. 58). С увеличением угла охвата отражателя 2φ возрастает полезная часть светового потока излучателя, что достигается либо увеличением диаметра отражателя,

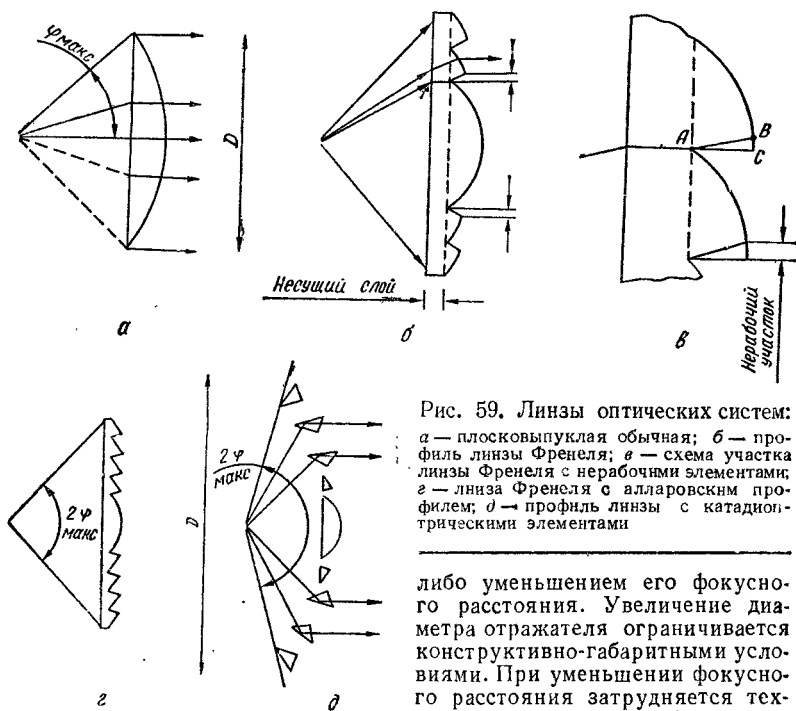


Рис. 59. Линзы оптических систем:

а — плосковыпуклая обычная; б — профиль линзы Френеля; в — схема участка линзы Френеля с нерабочими элементами; г — линза Френеля с алларовским профилем; д — профиль линзы с катадиоптрическими элементами

либо уменьшением его фокусного расстояния. Увеличение диаметра отражателя ограничивается конструктивно-габаритными условиями. При уменьшении фокусного расстояния затрудняется технология изготовления формы глупого отражателя. Практически угол охвата параболоидного отражателя 2φ ограничен 240° , позволяющими использовать 75 % светового потока излучателя (рис. 58, а—г).

Расчетное светораспределение относится к параболоидному отражателю с точечным источником, от которого отраженные параболоидом лучи света идут параллельным пучком вдоль оптической оси. Практический источник имеет конечные размеры, а поверхность параболоида имеет конструктивные отклонения от математически точной формы, поэтому выходные лучи всегда идут слабо расходящимся пучком света (рис. 57, д).

Преломляющие оптические системы применяются в прожекторах и состоят из дисковых линз или призматических элементов (рис. 59, а—д).

Линзы Френеля (относительно обычных, рис. 59, а) имеют значительно меньшую толщину и допускают угол охвата 2φ до 45° со свето-

выми потерями до 16 %. Основой линзы является несущий слой (прямолинейный или криволинейный) одинаковой толщины по всему диаметру (рис. 59, б), на котором расположены рабочие элементы линзы. Для увеличения угла охвата 2ϕ до 120° применяются сдвоенные линзы Френеля с криволинейным несущим слоем на внешней стороне у внешней линзы и на внутренней стороне у внутренней линзы.

Характерной особенностью линз Френеля является нерабочий участок на каждом элементе. Фокальный луч света, попадая в точку *A* профиля линзы, преломляется и попадает в точку *B* (рис. 59, в). Участок *BC* лучей не пропускает, увеличивая потери света. Профиль линзы Френеля со скошенными гранями рабочих элементов, устраняющими нерабочий участок, называется профилем Аллара, наиболее распространенным в линзовых прожекторах (рис. 59, г). Для увеличения угла охвата 2ϕ до 180° применяются линзы с катадиоптрическим

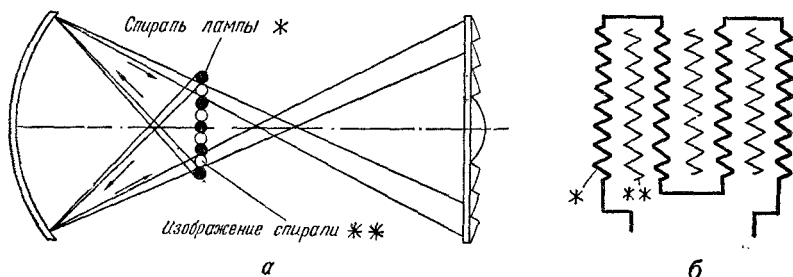


Рис. 60. Оптическая схема линзового прожектора:

a — схема распределения лучей; *б* — нить накала (*) и ее изображение в плоскости спирали (**)

профилем элементов, работающим на основе полного внутреннего отражения (рис. 59, д).

Комбинированные оптические системы в прожекторах содержат оптические элементы отражающих и преломляющих систем. Они концентрируют световой поток в узком телесном угле, плоский угол которого не превышает 30° (кривая *K* на рис. 55). По функциональному назначению различаются прожекторы сигнальные, осветительные и специальные. Для целей съемки применяются кинопрожекторы, отличающиеся специфическими конструктивными особенностями. Оптическая система кинопрожекторов возможна трех типов с диаметром оптических элементов до 900 мм.

В **зеркально-отражающей** (катоптрической) системе прожектора устанавливается «точечный» источник света. Перераспределение светового потока осуществляется параболическим зеркальным отражателем глубокого или неглубокого типа (91). Лучи света, отражаясь от параболоида, идут вдоль оптической оси прожектора параллельным пучком, имеющим форму цилиндра. Его диаметр равен диаметру отражателя. Выходное отверстие прожектора защищено стеклом.

В **преломляющей** (диоптрической) системе прожектора устанавливается прожекторная лампа накаливания с вольфрамовой нитью больших габаритов. Параболический отражатель здесь неприемлем из-за недопустимо большого угла рассеяния света. Перераспределение светового потока излучателя осуществляется линзой Френеля. Такие прожекторы называются линзовыми. Для улучшения светораспределения сзади прожекторной лампы устанавливается сферическое зеркало (рис. 60). Без него в световом пятне прожектора видны светлые и тем-

ные полосы, соответствующие накалившимся спиральям и темным промежуткам между ними. Сферическое зеркало при определенной юстировке устраняет этот недостаток, отражая в промежутки между спиралью свет накалившихся нитей, и дает резко очерченное световое пятно, эффектно выделяющееся в месте его падения. Линза Френеля позволяет сохранять равномерность светового пятна даже при сдвиге источника света из фокуса. При этом угол рассеяния изменяется в широких пределах. Это явление применяется в линзовых кинопрожекторах для регулировки диаметра светового пятна. Сферическое зеркало жестко связано с основанием излучателя и передвигается вместе с ним.

В смешанных (катадиоптрических) системах прожекторов световой поток перераспределяется параболоидным или эллипсоидным глубоким отражателем и линзой одновременно. К таким оптическим

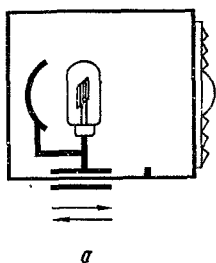
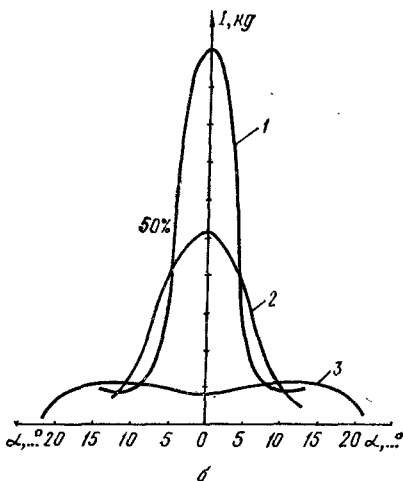


Рис. 61. Прожектор «Заря» (КПЛ):

а — схема конструкции; *б* — кривые светораспределения для углов рассеяния 10° (1), 20° (2) и 45° (3)



системам относятся, например, проекционные осветители (прожекторы) и прожекторы типа «Пистолет» с узким ($1-5^\circ$) световым лучом для местной подсветки деталей снимаемого объекта.

93. Характеристика фото- и киноосветительных приборов. Приборы распространяют свет в угле $50-150^\circ$ с возможным изменением светорассеяния заслонками, тубусами, щитками. Свет отражается сферической, параболоидной или параболо-цилиндрической диффузной (реже зеркальной) поверхностью, в фокусе которой находится источник света различного типа. Выделяются три вида осветителей: направленно-рассеянного, рассеянного и бестеневого света.

Осветители направленно-рассеянного света имеют отражатели из полированного алюминия с офактуренной поверхностью. Излучателями для них большей частью служат трубчатые галогенные лампы в параболо-цилиндрических отражателях, а также фотолампы в круглых параболоидных или сферических отражателях. Угол рассеяния светового потока порядка $50-90^\circ$. Применяются как источники основного (рисующего) света при всех видах съемки.

Осветители рассеянного света имеют отражатели из материала, диффузно отражающего свет (травленный алюминий, белая эмаль). Угол рассеяния $90-100^\circ$. Применяются при тональном освещении объекта в качестве источников заполняющего и выравнивающего света.

Осветители бестеневого света имеют значительно большие относительные площади отражателей с обязательным затенителем прямого излучения (контротражателем). Угол рассеяния 100—150°. Применяются при светотональном освещении. К ним относятся зонтичные осветители бестеневого света.

94. Кинопрожекторы (ГОСТ 9508—84) выполняют шести типов с линзами Френеля, одним из трех заданных источников света, с дистанционным управлением и без него. Источником света могут быть лампы накаливания (Н), металлогалогенная (МГЛ) или дуговая (Д). Выпускаются в трех исполнениях: со штырем или втулкой для установки на штативы и с устройством для телескопической подвески. Корпус прибора имеет кронштейн с пазами для установки навесных приспособлений: рамок, тубусов, ковертов светофильтров и др.

Обозначение содержит тип прожектора (например К15), вид источника света (Н, МГЛ или Д) и вид управления (Д — дистанционное). Цифра в обозначении прожектора указывает округленно диаметр линзы в сантиметрах.

Данные кинопрожекторов

Тип	Линза Френеля*	Диаметр линзы, мм	Фокусное расстояние линзы, мм
К10	ЛФ 100-68	100	68
К15	ЛФ 150-100	150	100
К25	ЛФ 250-150	250	150
К35	ЛФ 355-250	355	250
К50	ЛФ 505-350	505	350
К60	ЛФ 610-420	610	420

* ГОСТ 9507—82.

Кинопрожекторы типа «Заря» — линзовые с регулируемым лучом (рис. 61, табл. 3) и с лампами КПЖ или КГК. Имеют сферический контротражатель. Приспособления: вращающиеся кольца со съёмными шторками, конверты светофильтров, тубусы с различными масками, стеклянные интерференционные компенсационные светофильтры (по световым характеристикам кинопрожекторы «Заря» аналогичны ранее выпускавшимся кинопрожекторам КПЛ и телевизионным прожекторам ТПЛ, но с улучшенными характеристиками).

Оптическая схема имеет механизм перемещения излучателя для изменения осевой силы света до 1 : 10 и угла рассеяния светового потока до 1 : 4. КПД при узком луче 12—15 %, при широком 20—30 %. Дистанция оформления луча: 13 диаметров линзы — для узкого и 8 — для широкого луча света. Прожекторы при освещении объекта образуют тени средней резкости. При расфокусировке тени более резки. Прожекторы «Заря» (КПЛ, ТПЛ) являются универсальными для всех видов съёмки при хорошем качестве светового луча.

«Заря-10 000 ДУ» — световой прибор для съёмки в павильоне, имеет дистанционное управление наклоном и поворотом прибора (устройство расположено в лире) и фокусировкой лампы (устройство расположено в нижней части корпуса прибора). Скорость поворота корпуса в обеих плоскостях 6 град./с. Диапазон перемещения каретки с лампой 210 мм. Скорость перемещения каретки с лампой 10—12 мм/с.

95. Осветительные приборы типа «Накал» — приборы с зеркальными лампами накаливания (рис. 62, табл. 4). Выполнены в легких ме-

8. Данные кинопроекторов типа «Заря»

Проектор	Диаметр линзы, мм	Излучатель	Узкий луч		Широкий луч		Габаритные размеры, см
			Сила света, кд	Угол рассеяния, °	Сила света, кд	Угол рассеяния, °	
«Заря-150»	100	КПЖ 110-150	17 000	7	3000	36	21×29×20
«Заря-500»	150	КПЖ 220-500	50 000	10	6000	50	28×40×31
«Заря-2000»	250	КПЖ 220-2000-1 КГК 220-2000	235 000	10	40 000	50	42×72×46
«Заря-5000»	355	КПЖ 220-5000-1 КГК 220-5000	700 000	8	65 000	50	55×76×62
«Заря-10 000»	505	КПЖ 220-10 000 КГК 220-10 000	1 500 000	8	180 000	43	72×117×89
«Заря-10 000ДУ»*	505	—	1 500 000	8	180 000	43	58×67×74
«Заря-10 000»**	610	КПЖ 220-10 000 КГК 220-10 000	2 200 000	7	180 000	48	72×117×94
«Заря-20 000»	870	КПЖ 220-10 000 КГК 220-10 000	3 000 000	6	300 000	35	106×130×120
«Заря-20 000»	870	КГК 220-10 000 220-20 000***	5 000 000	6	500 000	43	106×130×120

* Прибор с дистанционным управлением.

** Кинопроектор упрочненной конструкции для выездных съемок.

*** Зарубежный излучатель

галлических защитных корпусах. Отличаются большими значениями сил света и средними углами рассеяния при относительно малых габаритах. КПД около 60 %. При освещении объекта приборы с одиночными лампами образуют резкие тени, приборы с несколькими лампами

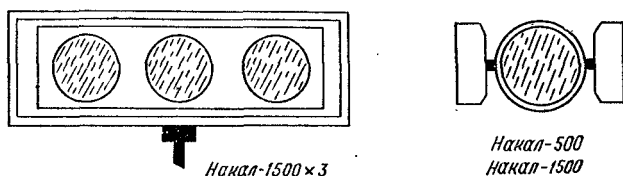


Рис. 62. Схема световых приборов «Накал»

образуют тени средней резкости. Применяются для светотеневого освещения. Целесообразно применять как приборы верхнего света. Световые приборы «Накал» комплектуются струбцинами и рычагами для крепления, различными насадками, рамками для установки пленочных и стеклянных интерференционных светофильтров, шторками.

96. Осветительные приборы «Фара-6» и «Фара-9» — приборы направленно-рассеянного света (рис. 63, табл. 5). Представляют собой арматуру с смонтированными шестью или девятью зеркальными галогенными лампами-фарами мощностью 500 Вт (ЛФКГ 500, ЛФКГИ 500). При освещении объекта приборы образуют тени средней резкости. Выпускаются в специальных контейнерах. При дневном освещении применяются с интерференционными фильтрами.

4. Данные световых приборов типа «Накал»

Прибор	Излучатель	Мощность, Вт	Одна лампа		Прибор	
			Сила света, кд	Угол рассеяния, °	Сила света, кд	Угол рассеяния, °
«Накал-500»	ЗК 127-500 ЗК 220-500	500	10 000 7900	45	10 000 7900	45
«Накал-1500»	ЗК 110-700 ЗК 220-700	700	18 000	42	18 000	42
	ЗК 110-1000 ЗК 220-1000	1000	30 000	30	30 000	30
	ЗК 110-1500 ЗК 220-1500	1500	60 000			
«Накал-1500×3»	ЗК 110-700 ЗК 220-700	3×700	18 000	35	45 000	35
	ЗК 110-1000 ЗК 220-1000	3×1000	30 000		110 000	
	ЗК 110-1500 ЗК 220-1500	3×1500	60 000		150 000	
«Накал-2500»	ЗК 110-2500 ЗК 220-2500	2500	100 000	30	10 000	30

97. Осветительные приборы типа «Свет» и «Марс» — приборы направленно-рассеянного света (рис. 64, а; табл. 6) с трубчатыми галогенными лампами. Имеют параболоидный корытообразный отражатель. Световое пятно луча имеет почти прямоугольную форму, вытянутую по горизонтали, с плавным спадом освещенности от центра к краям. Приборы «Свет» образуют тени средней резкости с размытыми

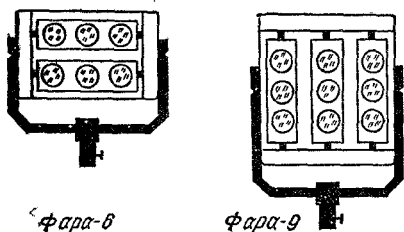


Рис. 63. Схема световых приборов «Фара-6» и «Фара-9»

вертикальными краями. Дистанция оформления луча равна семи диагоналям выходного отверстия. Приборы применяются для рисующего и заподняющего (с рассеивателями) света. Приспособления: ко-

5. Осветительные приборы «Фара-6» и «Фара-9»

Прибор	Излучатель	Мощность, Вт	Сила света одной лампы, кд	Сила света прибора, кд	Габаритные размеры, мм
«Фара-6»	ЛФКГ 110-500	6×500	35 000	200 000	380×610×115
	ЛФКГИ 110-500		17 000	100 000	
«Фара-9»	ЛФКГ 110-500	9×500	35 000	200 000	520×610×115
	ЛФКГИ 110-500		17 000	100 000	

Примечание. Угол рассеяния 20°.

ленчатые рычаги для крепления, шторки, конверты для пленочных и оправы для стеклянных интерференционных светофильтров. Кривые светораспределения показаны на рис. 64, б. Приборы с улучшенными светотехническими и эксплуатационными характеристиками имеют дополнительные буквенные знаки в обозначении.

Приборы типа «Марс» применяются для хроникальных съемок, корпуса относительно миниатюрны, облегченного типа, имеют две или три трубчатые галогенные лампы.

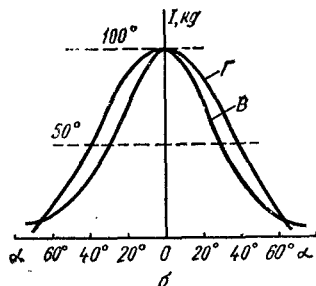
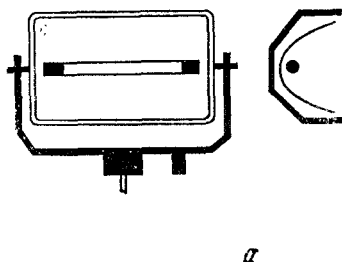


Рис. 64. Световой прибор «Свет» и «Марс»:

а — схема конструкции; б — кривые светораспределения в горизонтальной (Г) и вертикальной (В) плоскости

98. Новые осветительные приборы. «Кварц-8000» — прибор бес-теневого света для применения в качестве источника направленного, заполняющего и выравнивающего света.

«Кососвет-5000» — прибор направленно-рассеянного света для освещения больших площадей объектов.

«Люкс» и «Радуга» — приборы для телевидения.

«Люкс-575» «Люкс-1000» «Радуга-1» «Радуга-2»

Источник света	ДРИШ-575-1	ДРИШ-1000-1	ДРИШ-1200-1	ДРИШ-2500-1
Максимальная сила света лю- ча, кд:				
узкого	25	56	500	900
широкого	18	40	60	100
Напряжение импульса зажига- ния, кВ	40	60	55	65
Диаметр линзы, мм	—	—	250	350

Прибор	Излучатель	Мощ- ность, Вт	Размеры выходного отверстия, мм	Данные светового луча								Габаритные размеры, мм
				Одна секция				Прибор				
				Сила света, кд		Угол рассея- ния в пло- скости, . . . °		Сила света, кд		Угол рассея- ния в пло- скости, . . . °		
						верти- кальной	горизон- тальной			верти- кальной	горизон- тальной	
«Свет-500»	КГ 110-500 КГ 220-500-1	500	133×103	6000	65	85	6000	65	85	235×155×100		
«Свет-1000»	КГ 110-1000 КГ 220-1000-3	1000	200×175	13 000			13 000			250×270×135		
«Свет-1000-М»	КГ 110-1000-1 КГ 220-1000-4	1000	2000×175	13 000			13 000			250×230×120		
«Свет-2000»	КГ 220-2000-3	2000	290×200	25 000	55	80	25 000	55	80	410×390×120		
«Свет-2000-М»	КГ 110-2000 КГ 220-2000-5	2000	240×195	30 000			30 000			360×420×150		
«Свет-5000»	КГ 110-5000 КГ 220-5000	5000	360×260	55 000	55	85	55 000	55	85	680×530×250		
«Свет-10 000»	КГ 110-10 000 КГ 220-10 000	10 000	500×330	130 000	60	90	130 000	60	90	300×395×80		
«Марс-2000»	2×КГ 110-1000-1 2×КГ 220-1000-4	2×1000	2(160×70)	15 000	50	80	30 000	50	80	300×485×80		
«Марс-3000»	3×КГ 110-1000-1 3×КГ 220-1000-4	3×1000	3 (160×70)	15 000			45 000			975×1050×330		
«Свет-8000»	4×КГ 110-2000 4×КГ 220-2000-5	4×2000	4 (240×195)	30 000			100 000					

«Спектр-200-С» и «Спектр-1200» — приборы с диффузным парабо-
лоидным отражателем для репортажных кино- и телесъемок. В каче-
стве защитного имеют прозрачное или рассеивающее стекло.

	«Спектр-200»	«Спектр-1200»
Источник света	ДРИШ-200	ДРИШ-1200
Мощность источника света, кВт	0,2	1,2
Мощность потребления, кВт	2,5	—
Осевая сила света, кд:		
при сфокусированном световом пучке	48 000	—
при расфокусированном » »	16 000	—
с прозрачным защитным стеклом . . .	—	470 000*
		180 000**
с матированным » »	—	120 000*
		50 000**
Угол рассеяния 2α на уровне $0,5I_0$, . . . ⁰ :		
при сфокусированном световом пучке	25	—
при расфокусированном » »	65	—
с прозрачным защитным стеклом . . .	—	9—10*
с матированным » »	—	19—22**
Масса прибора без приспособлений, кг	3,8	11
Масса ПРА, кг	—	26

* При сфокусированном световом пучке.

** При расфокусированном световом пучке.

99. Осветительные приборы для подводных съемок «Эффект-100» и «Скат-300» (рис. 65) — приборы направленного света с регулируемым лучом и галогенным излучателем автономного питания. Смонтированы в водонепроницаемом корпусе с установленными аккумуляторами

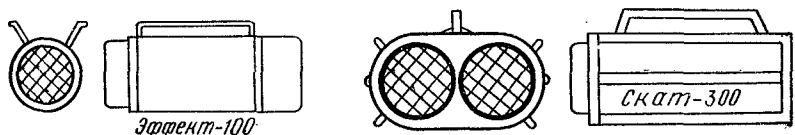


Рис. 65. Световые приборы «Эффект-100» и «Скат-300» для подводных съемок

батареями. «Эффект-100» питается автономно, «Скат-300» — автономно (одна лампа) и от надземной сети (две лампы). Отражатели парабо-
лоидные зеркальные: в приборе «Эффект-100» гладкие, в приборе
«Скат-300» со сферическими лунками. На задних стенках приборов рас-
положены ручки включения и расфокусировки, а также герметические
разъемы для подзарядки аккумуляторов. Внутри корпуса размещены
элементы автоматики, отключающие питание при пониженном напря-
жении: для «Эффект-100» при 10 В, для «Скат-300» при 26 В. До отклю-
чения ламп загорается световой указатель, предупреждающий о пони-
женном напряжении.

	«Эффект-100»	«Скат-300»
Источник света	КГМ 12-100	КГМ 30-300-2
Мощность, Вт	100	2×300
Напряжение питания, В	12	30
Число аккумуляторов КГН-8К, шт.	12	26
Время непрерывного горения, мин.	50	20
Диаметр выходного отверстия, мм	150	124
Сила света в воздухе, кд:		
узкого луча	100 000	100 000*
широкого»	10 000	15 000**
Угол рассеяния света (по 0,5 $I_{\text{макс}}$):		
узкого луча, ...°	5	11
широкого », ...°	10	22
Масса, кг	20	27,5
Габаритные размеры, мм	610×250×215	600×380×260

* Для двух лучей 200 000 кд.

** Для двух лучей 30 000 кд.

Ориентировочные данные приборов типа «Скат»

	«Скат-575»	«Скат-1000»
Мощность, Вт	575	1000
Сила света узкого луча, кд	250	180
Угол рассеяния, ...°	8	15

ПМГЛ и **ПЛН** (рис. 66) — приборы сетевого питания водонепроницаемого исполнения с защитными купольными стеклами, при повреждении которых приборы автоматически выключаются. Электри-

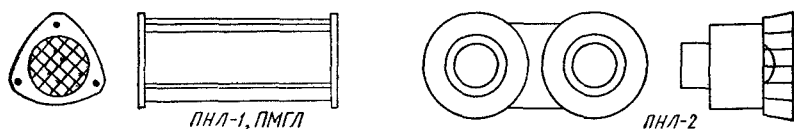


Рис. 66. Световые приборы ПМГЛ, ПНЛ-1 и ПНЛ-2 для подводных съемок

ческая схема расположена внутри корпуса. Дроссель питания выполнен в водонепроницаемом кожухе и находится вне корпуса прибора. На задней стенке расположены органы управления. Приборы имеют алюминиевые зеркальные гладкие параболоидные отражатели.

ПЛН-1 — прибор открытого исполнения с питанием от надводного брызгозащищенного трансформатора 220/12 В. Имеет стеклянный параболоидный отражатель, армированный стеклотканью на эпоксидной смоле.

	ПМГЛ	ПЛН-1	ПЛН-2
Источник света	ДРИШ-575	КГМ 220-1000	СЦ-110
Напряжение питания, В	—	220	12
Мощность, Вт	575	1000	2×500
Цветовая температура, К	6000	3200	3000
Диаметр светового отверстия, мм	160	160	258
Сила света в воздухе, кд	400 000	200 000	300 000
Угол рассеяния света, ...°	10	5	10
Масса, кг	8	5	15
Габаритные размеры, см	40×25×25	27×25×25	70×40×30

100. Малогабаритные киноосветители (рис. 67). KV-1000 — прибор направленно-рассеянного света. Отражатель параболический корытообразный алюминиевый с укрепленным галогенным излучателем. Приборы предназначены для освещения с рук и со штатива. Выполнены в пластмассовых корпусах с ручкой. Имеют несколько модификаций.

KV-1000	
Излучатель	КГ 220-1000-4
Мощность, Вт	1000
Напряжение питания, В	220
Осевая сила света, кд	7000
Угол рассеяния, ...°	80
Продолжительность горения при съемке, мин.	10
Время охлаждения между включениями, мин.	10
Рабочая температура окружающей среды, °C	—10 ... +40
Срок службы, ч	250
Габаритные размеры, мм	225×241×117

«Луч-100», «Луч-200», «Луч-250» — световые приборы, предназначенные для работы с переносными наплечными батареями из 10 или 20 никель-кадмиевых герметичных аккумуляторов НКГ-8К. Приборы имеют защитные сетки, прозрачные и рассеивающие стекла.

	«Луч-100»	«Луч-200»	«Луч-250»
Мощность источника света, кВт	0,1	0,2	0,25
Осевая сила света, кд, при луче:			
сфокусированном	15 000	28 000	55 000
расфокусированном	3500	5000	6000
Угол рассеяния $2\lambda^*$, ...°, при луче:			
сфокусированном	15	15	15
расфокусированном	40	45	45
Непрерывный режим работы, мин	36	20	30
Число аккумуляторов НКГ-8К	10	10	20
Масса прибора, кг.	0,4	1,2	1,1

* В пределах 0,5 $I_{\text{макс}}$.

101. Осветительные приборы для специальных видов киносъемок.
КОС-3000 — кольцевой бестеневой осветитель мощностью 3,6 кВт. Имеет 12 светильников с лампами КГМ 30-300-2, интерференционными

отражателями и рассеивателями, установленными по окружности диаметром 450 мм. Съемка производится через центральное отверстие. Каждый светильник имеет автономное включение и возможность регулировки напряжения. Освещенность в плоскости объекта на расстоянии 500 мм составляет 30 000 лк.

ОПМ — осветитель мощностью 250 Вт с линзовой системой направленного света (рис. 68). Излучатель 2 — КГМ 30-300-2, КГМ 24-250

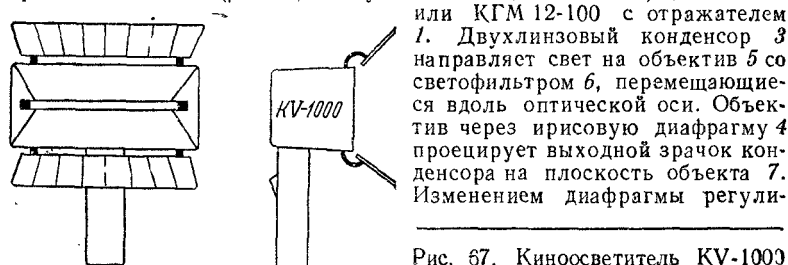


Рис. 67. Киноосветитель KV-1000

или КГМ 12-100 с отражателем 1. Двухлинзовый конденсор 3 направляет свет на объектив 5 со светофильтром 6, перемещающиеся вдоль оптической оси. Объектив 5 проецирует выходной лучок конденсора на плоскость объекта 7. Изменением диафрагмы регули-

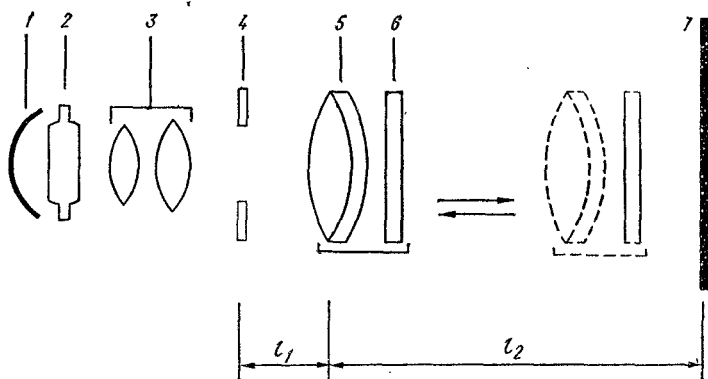


Рис. 68. Оптическая схема осветителя ОПМ:

1 — отражатель; 2 — излучатель; 3 — конденсор; 4 — диафрагма; 5 — объектив; 6 — светофильтр; 7 — плоскость объекта

стояния объектива 5 до диафрагмы 4. Световые данные приведены в табл. 7.

В комплект прибора входят: фильтры, приводящие цветовую температуру к 5200 К, теплофильтры, стекло-волоконные жгуты со специальными гибкими кронштейнами. Размеры: 470 × 120 × 120 мм. Масса 3 кг. Четыре осветителя ОПМ образуют осветительное устройство с пультом управления и блоком питания мощностью 1 кВт.

102. Осветительные приборы для эндоскопических киносъемок ОС-100 и ОС-250 предназначены для освещения внутренних закрытых

7. Световые данные прибора ОПМ при раскрытой диафрагме

Диаметр светового пятна, мм		Расстояние, мм		КГМ 12-100	КГМ 24-150	КГМ 30-300	
максимальный	минимальный	l_1	l_2	Е, лк	Е, лк	Е, лк	Ф, лм
200	22	128	1212	7500	9400	12 300	386
160	20	130	930	11 000	14 000	18 000	360
100	12	140	630	34 000	43 000	56 000	442
60	8	157	413	69 000	83 000	113 000	316
40	5	183	317	145 000	180 000	240 000	312
20	2	250	240	560 000	700 000	920 000	289

объектов. Для подсветки труднодоступных участков объекта применяются наконечники НСХ-3 и НСХ-5.

	ОС-100	ОС-250
Источник света	КГМ 12-100	КГМ 24-250
Освещенность E , лк, на расстоянии:		
500 мм от торца присоединительного элемента	150	—
100 мм от торца световода диаметром 3,5 мм*	—	7000
100 мм от торца световода диаметром 5 мм*	—	13 000

* При длине световода 2,5 м.

Данные наконечников

	НСХ-3	НСХ-5
Число наконечников в комплекте, шт.		6
Световой диаметр наконечников, мм	5,3	5
Освещенность в световом пятне 20 мм на расстоянии 100 мм от выходного торца наконечника, лк	500—1000	1000—2000
Длина наконечника, мм	200	300

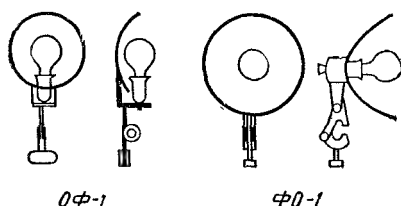
103. Осветительные приборы для микроскопии ОИ-19 и ОИ-24 содержат лампы накаливания с низкой цветовой температурой (2600—2850 К) при малой освещенности объекта.

	ОИ-19	ОИ-24
Источник света	СЦ-61	ОП 12-100
Диаметр светового пучка, мм:		
минимальный	—	4
максимальный	—	45
Числовая апертура конденсора	0,67	0,5
Фокусное расстояние, мм	—	40,6

104. Осветительные приборы для съемок в УФ лучах: ОПУ — осветительный прибор ультрафиолетовый, ОКУФ-5М — облучатель коротковолновый ультрафиолетовый.

	ОПУ	ОКУФ-5М
Источник излучения	ДРТ-220	ВРМ-1
Мощность излучения, Вт	220	—
Потребляемая мощность, Вт	1000	140
Напряжение питания, В	220	130/220
Площадь облучаемой поверхности на расстоянии 500 мм от края отражателя, см ²	600	—
Частота генератора, питающего лампы, Гц	—	40,78±0,81

105. Осветители фотографические типа **ФО** и **ОФ** рассеянного света (рис. 69) имеют параболические диффузные алюминиевые отражатели с углом рассеяния примерно 160°. Прибор **ФО-1** имеет трубку с поворотным устройством и фарфоровый патрон, допускающий установку лампы мощностью 500 Вт. Прибор **ОФ-1** имеет пружинный зажим и карболитовый патрон для установки лампы мощностью не более 100 Вт.



106. Импульсные электронные портативные осветители (рис. 70, табл. 8 и 9) предназначены для освещения с рук, штатива или непосредственно

Рис. 69. Схемы фотографических осветителей

со съемочной камеры. Осветители выпускают различной конструкции. Они отличаются между собой мощностью вспышки света, возможностью ее регулировки, схемой питания, формой отражателя и размерами. В основном применяется лампа ИФК-120.

В комплект некоторых осветителей входят два отдельных осветителя, синхронность включения которых обеспечивается различными

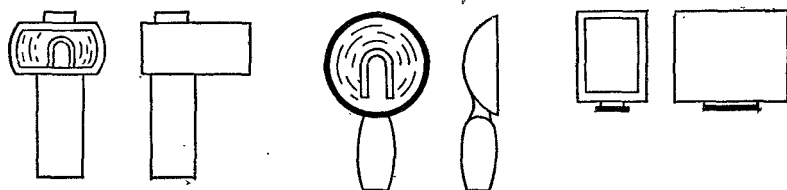


Рис. 70. Три основных вида портативных импульсных осветителей

способами. Применение для освещения объекта одновременно нескольких осветителей объединяет их в систему, в которой один — основной, подключаемый к синхроконтрактам съемочной камеры, является командным (ведущим), дающим первоначальную вспышку света, остальные — ведомые, срабатывающие от светового импульса командного осветителя с допустимо максимального расстояния. Система из нескольких осветителей необходима для освещения больших интерьеров и для создания различных световых эффектов. В системе осветителей каждая одиночная лампа может выполнять функции изобразительного света — рисующего, заполняющего, моделирующего, фонового и контрового, с соответствующей характеристикой направленности, созда-

8. Данные импульсных электронных осветителей различных типов

Тип	Энергия, Дж	Ведущее число	Угол рассеяния света, ...	Длительность импульса, с	Интервал между импульсами, с	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Источник питания и конструкция (см. примечание)
«Луч-59»	40, 60, 100	31	45	1/500	20	—	—	1, 12
«Луч-61»					10	3,5	255×210×155	1, 2, 12
«Луч-63»	50, 100	32,40	—	—	20	—	—	—
«Луч-70»					20	0,9	227×137×115	1, 2, 13
«Луч-М»	36, 68, 104	16	—	—	10	0,3	85×75×51	2, 14
«Салутэ»	23	12	60	1/1000	—	0,45	142×65×45	—
СЭФ-2	36	17	—	—	20	0,35	106×85×47	1, 2, 14
СЭФ-3	12	12	60	1/2000	—	0,31	62×37×113	2, 3, 6, 8
«Электроника В5-08»	20, 28, 40	10, 14, 20	50	—	60	0,55	126×85×50	2, 8
«Электроника В5-01»	16	12	72	1/2500	—	0,2	113×62×36	2, 7
«Электроника В5-11»	36	20	45	15	10	0,2	—	7
«Электроника В5-11БП»					10	0,2	—	—
«Электроника В5-21»					15	0,315	91×80×35	1,2
«Электроника В5-22»					60	0,385	102×90×39	2, 15
«Электроника В5-24»	22	55	—	—	15	0,47	137×80×55	2, 5, 15

Примечание. 1 — источник постоянного тока напряжением 300 В; 2 — сеть переменного тока напряжением 220 В; 3 — сеть переменного тока 127 В; 4 — батарея 330-ЭВМЦГ; 5 — аккумулятор; 6 — зарядное устройство; 7 — четыре низковольтных батареи; 8 — трансформаторный преобразователь напряжения; 9 — вибропреобразователь; 10 — блок питания; 11 — четыре элемента типа 373; 12 — в комплекте два осветителя; 13 — светосинхронизатор; 14 — электроконтакт; 15 — автоматическое регулирование длительности светового импульса во время экспонирования.

ваемой дополнительными шторками, рассеятелями и оптическими линзовыми системами узконаправленного действия.

Источники питания импульсных осветителей служат для заряда накопительного (зарядного) конденсатора до напряжения не менее 300 В, являющегося разрядным для импульсной лампы ИФК-120.

Условия портативности работы осветителей определяют три типа источников питания: 1 — высоковольтные сухие батареи напряжением 300 В (330-ЭВМЦГ-1000) в упрощенных осветителях; 2 — низковольтные источники (батарейки карманного фонаря, элементы типа 373 или малогабаритные аккумуляторы) для работы с полупроводниковыми

9. Данные импульсных электронных осветителей ПО «Норма»

Тип	Энергия, Дж	Ведущее число	Угол рассеяния света, °	Длительность импульса света*, с	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Источник питания и конструкция (см. примечание)
ФИЛ-1	72	28	60	1/400	2,4	220×170×70	2, 3
ФИЛ-2	36	20		1/500	1,9	220×170×57	1, 2, 3
ФИЛ-3				1/400	0,9	185×140×60	1, 2, 4
ФИЛ-4				1/400	2,2	220×170×57	2, 3, 4, 5, 6
ФИЛ-5	58	25	45	1/200	1,7	220×190×70	2, 4, 7
ФИЛ-6	36	20		1/400	1,8	200×196×77	1, 8
ФИЛ-7	58, 29	25, 18		1/400	1,3	170×170×68	1
ФИЛ-8	18	15		1/500	0,6	130×84 ×38	1, 4, 8, 9
ФИЛ-9	30—45	18—22	60	1/150	0,25	166×100×45	1, 10
ФИЛ-10		22	60		0,9	170×135×55	1, 4, 10, 11
ФИЛ-11		24	80				1, 4, 8, 15
ФИЛ-11 М		16	80	1/400		85×78×48	1, 4, 8, 12, 15
ФИЛ-12	36		50		0,3		1, 4, 8, 12, 15
ФИЛ-41 М		24	80			108×85×48	1, 8
ФИЛ-42			50			85×78×48	
ФИЛ-100	104	28—40	30...85	1/500	0,7	223×105×86	1, 7, 8, 16
ФИЛ-101	68	18—28			0,64		1, 8, 13, 16
ФИЛ-102					1,28		1, 7, 8, 13, 16
ФИЛ-105					0,61		1, 14
ФИЛ-106	30	50			0,62	214×84×82	1, 13, 14
ФИЛ-107					1,24		1, 7, 13, 14

* Интервал между импульсами, для ФИЛ-1, ФИЛ-5 и ФИЛ-7 — 10 с.

Примечание. 1 — сеть переменного тока напряжением 220 В; 2 — четыре низковольтных батареи; 3 — вибропреобразователь; 4 — транзисторный вибропреобразователь; 5 — аккумулятор; 6 — зарядное устройство; 7 — в комплекте два осветителя; 8 — источник постоянного тока напряжением 300 В; 9 — две низковольтные батареи; 10 — без накопительного (зарядного) конденсатора; 11 — четыре элемента типа 373; 12 — в комплекте два блока — осветитель и блок питания; 13 — светосинхронизатор; 14 — батарея 330-ЭВМЦГ; 15 — от блока питания минимальный интервал между вспышками 18 с; 16 — угол рассеяния света изменяется регулятором на два положения с соответствующим изменением ведущего числа.

преобразователями, преобразующими 3,5—4,5 В постоянного тока в высокое напряжение 300 В; 3 — сеть переменного тока напряжением 220 или 127 В, выпрямляемое однополупериодным выпрямителем до 300 В.

Энергия импульсной вспышки света зависит от емкости накопительного конденсатора и приложенного к нему напряжения: $W = U^2 C / 2$, Дж. Регулировка энергии вспышки производится изменением емкости конденсатора в виде подключения к газоразрядной лампе одного или нескольких конденсаторов. Обычно в простейшем импульсном осветителе накопительный конденсатор имеет емкость 300—500 мкФ на рабочее напряжение не менее 300—350 В. Практически максимальная емкость накопительного конденсатора ограничивается габаритами прибора и составляет 1500—2000 мкФ. Изменять энергию вспышки понижением напряжения на конденсаторе неэффективно.

Ведущее число N импульсного осветителя зависит от энергии вспышки, угла светорассеяния, площади отражателя, его конструкции и приводится для фотоматериала светочувствительностью 65 ед. ГОСТ со штатным объективом на съемочной камере. При переходе к пленке другой чувствительности S_x ведущее число N_x определяется по формуле $N_x = N_{65} \sqrt{S_x / 65}$. При изменении чувствительности в два раза ведущее число изменяется в 1,41 раза.

Импульс света кратковременен, поэтому определение экспозиции при съемке возможно только изменением отверстия диафрагмы. Диафрагма D и расстояние до объекта l рассчитывается на калькуляторе осветителя по ведущему числу: $N = D/l$, откуда $D = N/l$, или $l = N/D$.

Сменные объективы, устанавливаемые на съемочной камере, вносят погрешности при работе с импульсными осветителями. При длиннофокусных объективах эффективность вспышки снижается, при широкоугольных, из-за более узкого угла рассеяния осветителя, — освещенность кадра становится значительно неравномерной.

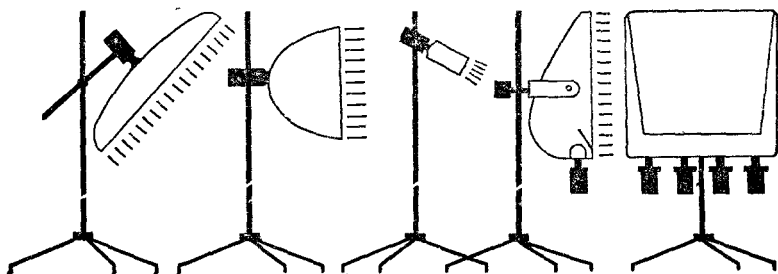
Данные новых импульсных осветителей

	ФЭ-14АУ	ФЭ-15У	ФЭ-26
Ведущее число N	20	14	8
Энергия светового импульса, Дж	86	21	12
Угол излучения в плоскости, ...°:			
горизонтальной	70	60	50
вертикальной	60	50	50
Число импульсов света от одного заряда аккумуляторной батареи, шт.	—	60	80
Интервал между световыми импульсами, с	60	10	—
Время готовности, с	20—60	12—20	15
Источник питания, В:			
батарея Молния	340	—	—
сеть переменного тока	220	127, 220	—
батарея	—	4,5	4,5
Габаритные размеры, мм	198×89×80	102×58×35	60×60×34
Масса, кг	0,7	0,21	0,1

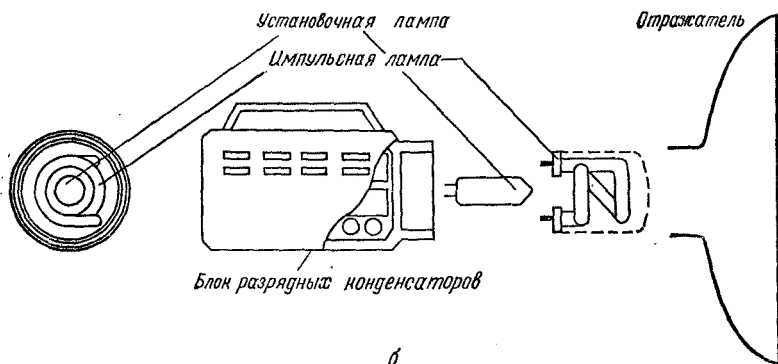
107. Стационарные импульсные комбинированные осветители крепятся на штативах, выполнены с отражателями различной формы и диаметра (рис. 71). В них используется одновременно два излучателя — лампа установочного света (продолжительного горения, обычно КГМ) и импульсная газоразрядная лампа — экспонирующая. Обе лампы расположены в фокусе крупногабаритного отражателя и в зависимости от его формы, размера и оптической схемы выполняют функции ис-

точника изобразительного света — рисующего, заполняющего, моделирующего, фонового и контрового. В период установки на объекте съемки изобразительного освещения вначале включаются лампы установочного света, позволяющие выставить светописный рисунок по замыслу будущего изображения. После постановки света включаются импульсные лампы с мощной световой вспышкой.

В комбинированных осветителях применяются мощные газоразрядные лампы, для включения которых требуются соответственно мощные



а



б

Рис. 71. Стационарные импульсные комбинированные зарубежные осветители:

а — общий вид; б — конструкция источника света

электрические схемы питания. Основной конструкции является накопительное устройство, соединяемое разъемно с основанием обоих излучателей. Совместный блок может комбинироваться в любом количестве с отражателем разной формы, создавая требуемый источник изобразительного света. При одновременной работе нескольких комбинированных осветителей предусмотрена световая синхронность их включения.

108. **Фотопавильонные осветительные системы** представляют собой комплект осветительных приборов профессионального типа для установки всех видов изобразительного света при съемке одиночных и групповых портретов, натюрмортов, объектов рекламного характера, выполнения репродукционных и других работ. Различают три основных

вида — напольные, подвесные (потолочные) и комбинированные осветительные системы.

Осветительная напольная система КС-1 (рис. 72) состоит из осветителей («софнтов») различного назначения и размера. Отражатели с матированной поверхностью, параболические, алюминиевые, диаметром 320 мм (большие) и 210 мм (малые). Осветители имеют поворотные рамки с двумя шторками длиной 285 мм (большие) и 175 мм (малые). Устанавливаются на одностопных штативах высотой до 2,2 м.

СБ — осветитель большой (2 шт.) рисующего света для лампы 500 Вт. Ход патрона до 90 мм. Угол наклона до 70°.

СМ — осветитель малый (2 шт.) заполняющего и моделирующего света для лампы 300 Вт. Ход патрона до 80 мм. Угол наклона до 70°.

СКС — осветитель контрового света для лампы 300 Вт. Ход патрона до 80 мм. Угол наклона до 80°. Для устранения тени на объекте съемки от штатива прибор закреплен на нем консолью на расстоянии 280 мм.

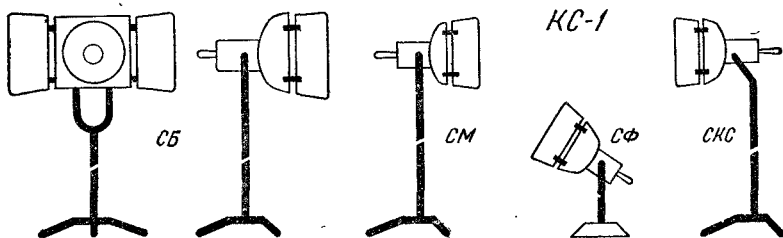


Рис. 72. Световые приборы осветительной системы КС-1

СФ — осветитель фоновый для лампы 300 Вт. Ход патрона до 60 мм. Угол наклона вниз до 15°, вверх — до 65° от горизонтального положения. Укреплен на дисковой переносной подставке. Регулируется по высоте от 350 до 550 мм.

В комплект осветительной системы КС-1 входят: пульт для управления работой осветителей (ПУ), предусматривающий возможность подготовительных операций по установке освещения на объекте при неполном (установочном) напряжении, регулируемом автотрансформатором по вольтметру от 0 до 170 В (полное напряжение включается нажимом на спусковой тросик при срабатывании затвора); выносной пульт управления (ВПУ) для раздельного включения всех шести осветителей и синхровыключателя затвора; центральный пружинный затвор (Ф-2К) для съемочной камеры типа ФК с выдержками 1/30, 1/15, 1/5, 1 с и с выдержками типа В и Д.

Осветительная потолочная система АПФ-1 с подвесными световыми приборами (монтажная высота 3,2 м) состоит из двух рельсовых путей, укрепленных вдоль съемочного павильона. По каждому пути передвигаются пять траверс (тележек) с подвешенными на раздвижных телескопических штангах световыми приборами. Траверсы передвигаются вручную. Питание подается по кабелям, закрепленным по потолку. На средней из пяти траверс подвешен световой прибор рисующего света «Свет-500». На двух соседних траверсах укреплены кинопрожекторы типа «Заря» (КПЛ-10М). На крайних из пяти траверс подвешены источники освещения фона типа СМ (см. систему КС-1).

Источником общего заполняющего света служат 26 фотоосветительных прибора ФО-4, закрепленных под потолком на тележках. В комплект АПФ-1 входят различные насадки, рассеиватели и приспособ-

собления. Питание осветительных приборов осуществляется с центрального пульта управления. Каждый прибор может включаться через выносной пульт.

АОФ-1 (аппаратура осветительная фотопавильонная) — потолочный световой комплекс для работы с фотокамерами «Ракурс-672» и ФКПФКД, имеющим выход на синхронизатор импульсных ламп, при съемке на цветные и черно-белые фотоматериалы. Общая потребляемая мощность 5 кВт. Монтируется в помещениях высотой 3,2 м. Позволяет получать направленно-рассеянный и фоновый свет. В комплект входят:

- система подвеса осветительных приборов,
- четыре комбинированных световых прибора «Импульс-330»,
- два прибора бестеневого света,
- четыре рассеивающих и четыре зеркальных отражателя,
- четыре шторы и четыре рамки для рассеятелей,
- один тубус с семью сменными диафрагмами.

Прибор «Импульс-330» состоит из одной галогенной лампы накаливания КГМ-220-500 (в центре патрона) и трех импульсных ламп ИФК-120, расположенных симметрично на расстоянии 30 мм от центра лампы накаливания. Прибор включается от ручной кнопки, контакта фотокамеры или светооптического датчика, синхронизирующего вспышку любого источника света со вспышкой ведущего источника, включаемого синхроконтрактом фотокамеры. Угол поворота комбинированного светового прибора в горизонтальной плоскости 360° , в вертикальной $\pm 90^\circ$.

Осветительная потолочная система К-128 (ЧССР), аналогично системе АПФ-1, состоит из двух путей, по которым передвигается по пять траверс. Осветительные приборы подвешиваются к траверсам на сдвоенных телескопических трубках (тромбоках). Каждый прибор вращается вокруг своей вертикальной оси и в горизонтальной плоскости. Продольное и поперечное движение приборов производится вручную.

На пяти траверсах каждого пути установлены: рефлектор с галогенной лампой 1000 Вт, трехламповый рефлектор «мягкого» света с галогенной лампой 800 Вт, кинопрожектор «Молле» 500 Вт и «Молле» 1000 Вт. В качестве источников заполняющего света на траверсах неподвижно закреплены одноламповые открытые рефлекторы с лампами 500 Вт.

Питание к осветительным приборам подводится контактным способом. Между рельсами проложены контактные провода, к которым плотно прилегают установленные на траверсах ползунки с угольными щетками-токосъемниками, соединенными кабелями с осветителями (троллейная система подвески). Управление производится с пульта съемочной камеры.

ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ

109. Солнечная радиация (солнечный свет) представляет собой излучение электромагнитных волн в диапазоне от 170 до 4000 нм (рис. 73), распространяющееся на верхнюю границу атмосферы (прямая солнечная радиация). Более короткие (до 100 нм) и более длинные (до 30 000 нм) лучи в спектре только прослеживаются. Около половины солнечной энергии излучается в ИК области, 40 % — в видимой и 10 % — в УФ и рентгеновской областях спектра.

Световой поток солнечного излучения за атмосферой $\Phi = 3,8 \times 10^{28}$ лм, световая отдача $\eta = 100$ лм/Вт, сила света $I = 3 \cdot 10^{27}$ кд. Телесный угол солнечного диска $\omega = 6,8 \cdot 10^{-5}$ ср. Интегральная ин-

тенсивность заатмосферного излучения Солнца выражается освещенностью порядка 135 000 лк. Распределение энергии по спектру не соответствует излучению ЧТ, однако некоторые участки сравнимы с его спектральным распределением.

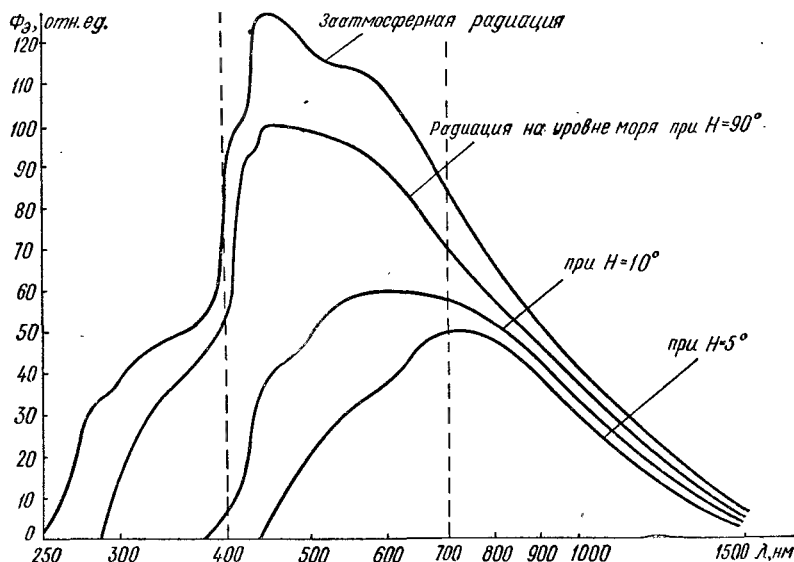


Рис. 73. Кривые солнечной радиации за атмосферой и над поверхностью Земли при различном стоянии Солнца над горизонтом H , ...°

Цветовая температура заатмосферной солнечной радиации находится в пределах 5744—6136 К. При этом цветность лучей солнечного диска соответствует 5986 К. На участке длины волн от 420 до 700 нм цветность излучения составляет 6075 К. При максимуме радиации, определяемой длиной волны 470 нм, цветовая температура излучения составляет 6136 К. В атмосфере

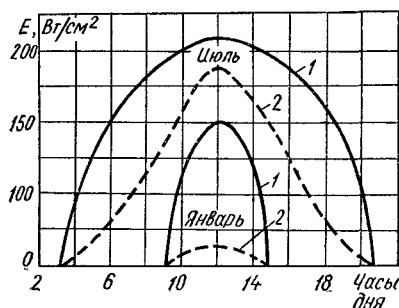


Рис. 74. Кривые изменения энергетической освещенности на уровне моря в течение суток: 1 — на вертикальной плоскости; 2 — на горизонтальной

Земли солнечная радиация претерпевает изменения (экстинкцию).

Энергетическая освещенность земной поверхности Солнцем изменяется в широких пределах. Кривые ее изменения в течение дня зимой и летом показаны на рис. 74. Стояние Солнца над поверхностью Земли, наблюдаемое из определенной точки (рис. 75), обозначается в ли-

температуре двумя понятиями: стоянием над горизонтом H , отсчитываемым в градусах углов над линией видимого горизонта, и зенитным стоянием Z , отсчитываемым в градусах углов от перпендикуляра, опущенного к уровню моря из зенита в северном и из надира в южном полушарии Земли.

Интенсивность *солнечной радиации на уровне моря* при зенитном стоянии Солнца на экваторе выражается освещенностью примерно 128 000 лк. Проникая к поверхности Земли, солнечная радиация поглощается озоном, избирательно рассеивается молекулами газа атмосферы, отражается от неоднородных плотностей воздуха и ослабляется водяным паром. При идеально чистой атмосфере солнечная радиация проникает на землю в виде прямых лучей Солнца и дополнительной компоненты к нему — света голубого неба (рассеянной радиации). Интенсивность и спектральный состав света Солнца и рассеянной радиации в точке съемки зависят от географической широты, высоты стояния Солнца над горизонтом и чистоты атмосферы.

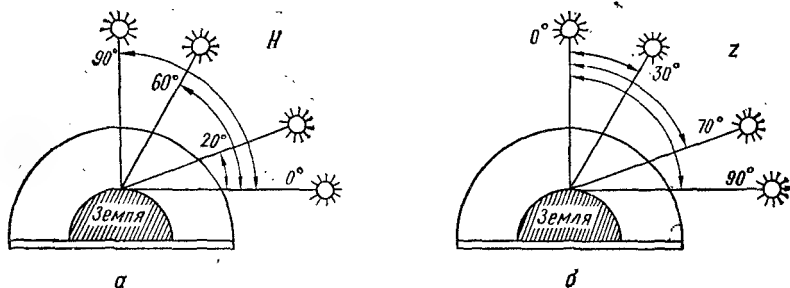


Рис. 75. Схема расположения Солнца на небосводе:

a — над горизонтом; b — в зените

110. Классификация естественного освещения. В различное время года, в течение дня от утренней до вечерней зари, в ночное время, при свете Луны и Солнца освещенность на поверхности земли изменяется количественно и качественно в зависимости от состояния атмосферных условий. Плоскости предметов, определенно ориентированные относительно естественных источников света, получают различную освещенность и спектральный состав падающего света. Основой дневного освещения является солнечная радиация, содержащая видимые, УФ и ИК лучи. Основой ночного освещения — космическая радиация и отраженный свет Луны. Различают восемь основных характерных источников естественного света:

- свет прямого Солнца;
- свет дневного безоблачного неба в стороне, противоположной Солнцу;
- свет Солнца и неба;
- свет прямого Солнца при частичной облачности;
- свет пасмурного дня;
- свет сумерек, утренних и вечерних;
- свет Луны при безоблачном небе;
- свет ночного безоблачного неба без Луны.

111. Свет прямого Солнца. На прохождение солнечной радиации влияет толщина воздуха атмосферы. За единицу толщины принята неравномерная по высоте идеально чистая масса воздуха атмосферы,

условно сжатая в перпендикулярном (по нормали) направлении к уровню моря до толщины 8000 м для получения условно однородной оптической массы.

Стояние Солнца над горизонтом $H, \dots^\circ$										
90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	1

Количество масс атмосферы на пути солнечной радиации
в относительных единицах

1	1,02	1,06	1,15	1,3	1,55	2	2,9	5,6	10,4	27
---	------	------	------	-----	------	---	-----	-----	------	----

При стоянии Солнца над горизонтом 1° условная толщина однородной атмосферы для прохождения солнечной радиации ($8000 \times 27 = 215\,000$ м) совершенно не пропускает УФ лучи. Коротковолновая

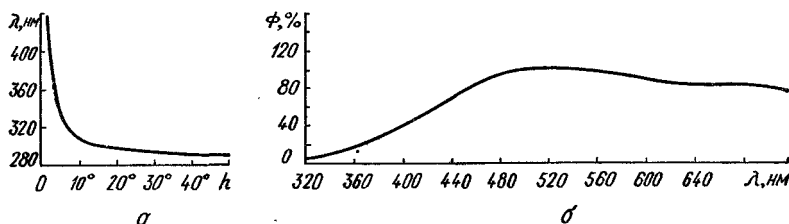


Рис. 76. Кривая зависимости коротковолновой границы солнечной радиации от стояния Солнца над горизонтом (а) и спектральная кривая излучения на уровне моря (б)

граница солнечной радиации в нанометрах и спектральная кривая показаны на рис. 76. При единичной оптической массе и зенитном стоянии Солнца солнечный свет по спектру пропускается (τ) неравномерно:

$\lambda, \text{нм}$	300	400	500	600	700	800	900	1000
τ	0,4	0,76	0,88	0,91	0,96	0,98	0,99	0,99

Распределение солнечной радиации на уровне моря в зависимости от стояния Солнца над горизонтом, %

Участки спектра, нм	Высота Солнца $H, \dots^\circ$						
	0	5	10	20	30	50	90
УФ: 295—400	0	0,4	1,0	2,0	2,7	3,2	4,7
380—440	0	0,6	0,8	2,6	3,8	4,5	5,4
440—490	0	2,1	4,6	7,1	7,8	8,2	9,0
490—565	1,7	2,7	5,9	8,3	8,8	9,2	9,2
565—595	4,1	8,0	10,0	10,2	9,8	9,7	10,1
595—760	25,4	25,2	19,7	14,5	13,5	12,2	11,5
ИК: > 760	68,8	61,0	58,0	55,3	54,6	52,9	50,0

Прозрачность атмосферы непостоянна из-за непрерывно меняющегося в ней количества водяного пара, пыли, дыма и других примесей. Степень загрязненности атмосферы характеризуется коэффициентом

прозрачности P для зенитного стояния Солнца на экваторе и выражается в основном тремя основными величинами: 0,7; 0,8 и 0,9 (не считая тумана, пасмурных дней и других явлений).

Освещенность E , создаваемая солнечной радиацией на уровне моря в экваториальной области, ориентировочно равна в тыс. лк:

Стояние Солнца над горизонтом H , ...°

P^*	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	1
0,9	125	123	120	119	117	114	110	100	75	45	10
0,8	107	106	105	104	100	95	85	70	40	12	0,3
0,7	94	93	92	90	85	75	65	50	18	3,5	0,01

* Прозрачность атмосферы.

Оптически однородная среда атмосферы в максимальном ее объеме может наблюдаться на море при его гладкой поверхности с чистым спокойным воздухом, когда отсутствуют конвекционные восходящие потоки. В этих условиях при восходе или заходе Солнца наиболее сильно преломляются фиолетовые и синие лучи. Наименьшее преломление претерпевают красные, оранжевые и желтые. Глаз не воспринимает преломления фиолетовых и синих лучей из-за низкой чувствительности и значительного поглощения атмосферой, поэтому первый или последний луч Солнца при восходе или заходе можно видеть зеленым (на практике редко наблюдаемым). Восходящее Солнце всегда имеет последовательно красный, оранжевый и желтый свет, а заходящее — в обратной последовательности.

Наибольшие изменения в спектральном составе и интенсивности прямого солнечного света происходят при изменении высоты Солнца до 20° над горизонтом, соответствующим первым трем часам после восхода и трем часам перед закатом. По мере подъема Солнца (H°) цвето-

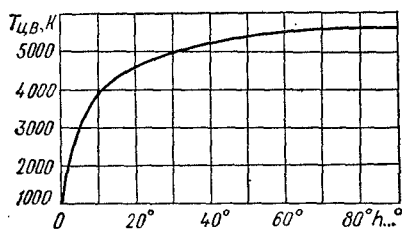


Рис. 77. Зависимость цветовой температуры прямого света Солнца от его угловой высоты

вая температура излучения повышается от 1000 до 5300 К (рис. 77) на широте Москвы. Летом в дневное время прямой солнечный свет на широте 50° (Киев) имеет цветовую температуру в 12 ч — 5400 К, 15 ч — 4800 К и в 18 ч — 4300 К. На экваторе Солнце в зените имеет $T_{цв} = 5600$ К.

Для оценки съёмного освещения днем необходимо знать астрономическое время. Местное время является средним астрономическим поясным временем для данной географической долготы местности. С 1930 г. в СССР повсеместно, кроме некоторых областей, часы переведены на один час вперед (декретное время). Дополнительно ежегодно с 1 апреля по 1 октября часы переводятся еще на один час вперед. Для определения астрономического времени необходима поправка на два часа летом, и на один час зимой. Например, средний астрономический полдень (12 ч дня) наступает в летнее время — в 14 ч, в зимнее — 13 ч по часам местного времени.

Спектр УФ лучей солнечной радиации составляет участок 400—290 нм, а дальше он резко обрывается. В экваториальной области Земли в период близкого стояния Солнца (в зените) уровня моря достигают лучи порядка 290 нм. Более короткие лучи поглощаются озоном верхних слоев атмосферы. В средних широтах до Земли доходят лучи 297 нм (июнь). В более высоких широтах граница УФ излучения сдвигается до 300 нм и более. При стоянии Солнца над горизонтом $7,3^\circ$ в его свете вследствие рассеяния атмосферой (27 оптических масс) отсутствуют даже фиолетовые лучи. На каждые 100 м подъема над уровнем моря интенсивность УФ радиации возрастает на 3—4 %. На большой высоте в горах, где толщина оптически однородной атмосферы составляет относительно малую величину, в составе солнечного света обнаруживаются лучи с длиной волны до 285 нм.

Доля рассеянных УФ лучей, достигающих земной поверхности, значительна по величине. В летний полдень середины июня месяца рассеянные УФ лучи составляют 45—70 % суммарной УФ радиации, в течение летних месяцев — 35—55%. В пасмурные дни лета при закрытом тучами диске Солнца рассеянная УФ радиация также составляет значительную часть дневного света. Производя съемки в солнечную или пасмурную погоду, следует всегда пользоваться светофильтром УФ-1, поскольку естественная светочувствительность галоидного серебра фотослоев приходится на ближнюю УФ область солнечной радиации (211).

Спектр ИК солнечной радиации, достигающий поверхности Земли, делится на две области: ближнюю от 760 до 1500 нм, и дальнюю — от 1500 до 4000 нм. Ближняя ИК область спектра используется в фотографии при съемке в невидимых ИК лучах.

112. Свет дневного безоблачного неба представляет собой часть солнечной радиации, рассеянной молекулами воздуха, водяным паром и частичками аэрозоля различной крупности, находящихся в атмосфере на различной высоте. Соотношение размеров частичек с длиной волны проходящего солнечного излучения определяет характер рассеяния в виде интенсивности свечения неба и его окраску.

Свет, воздействующий на молекулу воздуха, возбуждает ее с частотой световой волны, заставляя колебаться и излучать свой собственный свет. Такое рассеяние называется молекулярным или рэлеевским (по имени первооткрывателя Рэлея). В общем виде интенсивность рассеянного света P прямо пропорциональна четвертой степени его частоты или обратно пропорциональна четвертой степени его длины волны: $P \approx \omega^4 \approx 1/\lambda^4$. При воздействии солнечной радиации на атмосферу рассеиваются все волны светового диапазона. В наибольшей степени рассеиваются короткие волны (синие лучи). Красные лучи спектра (650 нм) соотносятся с синими лучами (450 нм) как $650/450 = 1,44$. Четвертая степень этого отношения равна 4,3, т. е. синие лучи в четыре раза сильнее рассеиваются чем красные, поэтому цвет неба виден голубым, а не красным. Цвет неба содержит значительное количество фиолетового, много синего, немного зеленого и мало красного цвета. Если в атмосфере находятся частички крупнее молекул воздуха, то характер рассеяния меняется.

Графически рассеяние света выражается индикатрисой, построенной вокруг рассеивающей частички или молекулы (рис. 78). Расстояния точек поверхности от частички пропорциональны коэффициентам рассеяния в соответствующих направлениях. Симметричная кривая (рис. 78, а) относится к рассеянию излучения молекулой воздуха, размеры которой значительно меньше длин волн спектра солнечной радиации. При размере рассеивающей частички, превышающем размер молекулы воздуха, индикатриса отличается от рэлеевской и при-

нимает вытянутую форму (рис. 78, б, в, г), т. е. характер рассеяния зависит от размера частички. При этом свет свечения изменяется от синего в сторону зеленого и при относительно крупных частичках излу-

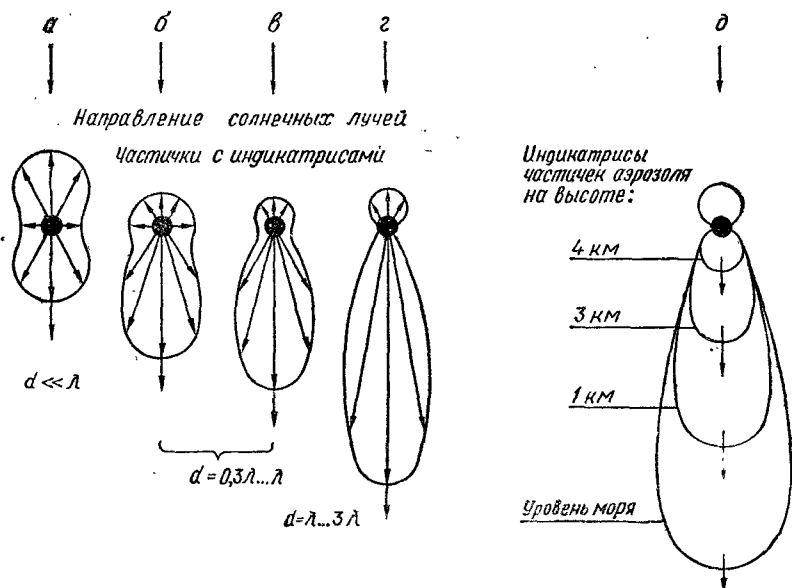
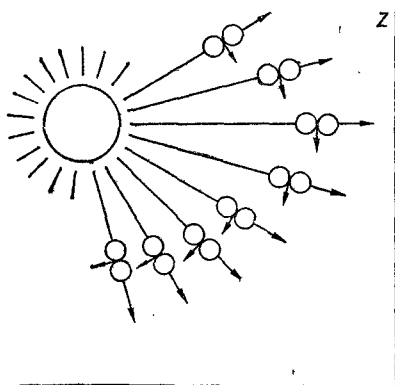


Рис. 78. Индикатрисы рассеяния солнечной радиации на частичках атмосферы по теории:

а — Рэлея (для молекул воздуха); б, в — Ми (для частичек аэрозоля крупнее молекул); г — Шулейкина (для частичек водяного пара); д — Миннарта (для крупных прозрачных частиц $d \gg 0,01$ мм); d — диаметр частички атмосферы

чение Солнца только ослабляется, не изменяя его окраски. Такое явление относится в основном к посторонним примесям воздуха.



Рэлеевское рассеяние совместно с синим цветом озонового слоя атмосферы создают голубой цвет неба, наиболее насыщенный в направлении зенита, в котором толщина воздуха для проходящих солнечных лучей наименьшая. С удалением от зенита и приближением к горизонту толщина оптической среды увеличивается и голубая окраска неба разбеливается, приближаясь к почти белому цвету. Белесое небо указывает

Рис. 79. Схема степени интенсивности рэлеевского излучения в безоблачной атмосфере

на значительное замутнение воздуха посторонними примесями (аэрозолями и в большинстве случаев — водяным паром).

Яркость рассеянной радиации по небу распределена неравномерно, так как на нее влияют две независимые величины — толщина атмосферы в данном направлении и распределение рассеянного света отно-

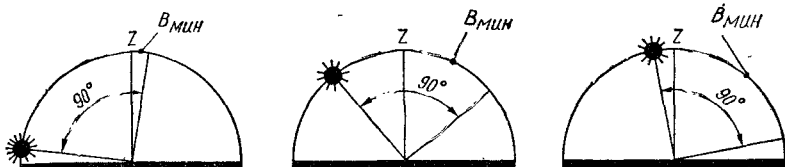


Рис. 80. Наименьшая яркость безоблачного неба в точке $B_{\min}$ при различном стоянии Солнца

сительно направления солнечной радиации. Из индикатрисы рассеяния видно, что наименьшее количество света рассеивается под прямым углом к проходящим лучам (рис. 79), а глубина слоя атмосферы наименьшая в направлении зенита. Поэтому самое темное безоблачное небо, относительно наблюдателя, всегда лежит на круге, проведенном через солнечный диск и зенит, примерно между зенитом и точкой, отстоящей от Солнца на 90° (рис. 80).

Яркость неба возрастает в сторону горизонта и в направлении Солнца. При замутненной атмосфере вокруг Солнца видно широкое яркое сияние беловато-розового оттенка, образованное рассеянием солнечных лучей на крупных частичках воздуха при $d \gg 3\lambda$ (рис. 78).

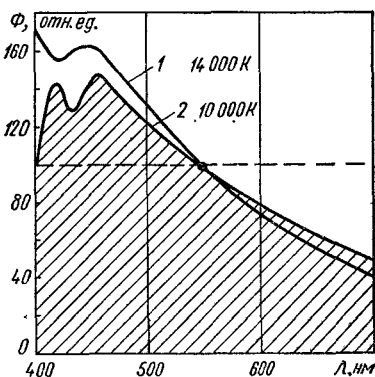


Рис. 81. Цветность голубого неба в июне:

1 — в зените; 2 — в северной части неба под углом 45° над горизонтом

Освещенность E от неба на горизонтальной плоскости, не освещенной Солнцем, при различном его стоянии над горизонтом H имеет следующие значения:

$H, \dots^\circ$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
E , тыс. лк	3	4	6	7	8	9	10	12	13	14	15
%*	73	43	36	30	23	21	19	18	17	16	15

* Доля E неба в общей освещенности.

Цветофотографическая температура безоблачного неба днем при чистой атмосфере без влияния Солнца выражена графиком на рис. 81, и в зависимости от высоты стояния Солнца, в течение дня изменяется незначительно. Озон, находящийся на большой высоте, имеет синий цвет из-за поглощения зеленых и красных лучей, а не рассеяния. Это

особенно заметно, когда Солнце находится у горизонта. Если бы молекулы озона не поглощали, а рассеивали солнечный свет, то небо в зените было бы желтым, серым или темно-серым (согласно теории), но поскольку озон поглощает зеленый и красный свет, то небо в зените ощущается синим. Распределение цвета и света по небу непостоянно и не поддается строгому учету из-за пыли и водяных паров в атмосфере.

113. Свет Солнца и неба создает переменную освещенность на горизонтальных и вертикальных поверхностях предметов, в зависимости от стояния Солнца над горизонтом (рис. 82). Суммарная освещенность на любой поверхности при чистом небе и прозрачной атмосфере от восхода до захода Солнца изменяется по закону косинуса закономерно и с астрономической точностью. На величину суммарной освещенности влияет отражательная способность наземных предметов.

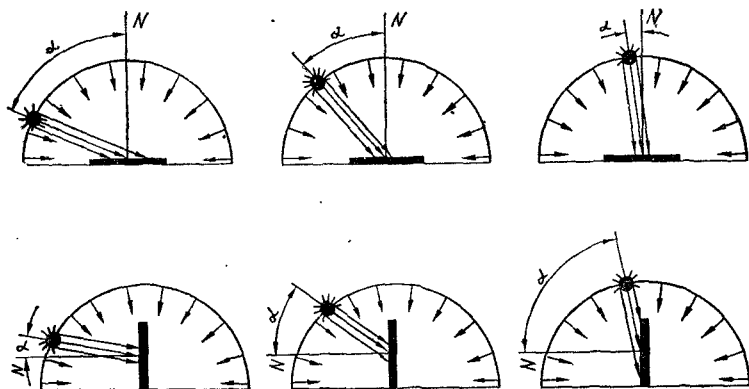


Рис. 82. Схема освещенности горизонтальной и вертикальной плоскости днем

Горизонтальная поверхность без снежного покрова имеет следующие величины освещенности E и цветофотографической температуры $T_{цф}$ при стоянии Солнца над горизонтом H , ...°:

H , ...°	E от Солнца, лк	E от неба, лк	$T_{цф}$, К от Солнца	$T_{цф}$, К от неба	$T_{цф}$, К суммарная
60	100 000	16 000	5490	9900	5500
55	98 000	15 000	5400	9900	5500
50	92 000	14 000	5400	9900	5500
45	86 000	13 000	5300	9900	5500
40	80 000	12 000	5250	9900	5500
35	73 000	10 000	5100	9900	5500
30	66 000	9 000	4990	10 000	5500
25	60 000	8 000	4500	10 000	5600
20	51 000	7 000	4480	10 000	5700
15	35 000	6 000	4020	10 000	5800
10	31 000	4 000	3450	10 000	6000
5	13 000	3 000	2970	10 000	8300
1	—	—	2500	10 000	8300

Зимой при снежном покрове с $\rho \approx 0,8$ суммарная освещенность горизонтальной плоскости от прямого света Солнца и неба дополняется освещенностью от вторичной рассеянной радиации атмосферы (рис. 83, а): 1 — образованной отраженным от снега солнечным светом; 2 — образованной светом первичной рассеянной радиации, отраженной от снега.

Вертикальная плоскость, обращенная к Солнцу, кроме прямого света Солнца и неба дополнительно излучает свет (рис. 83, б): 1 — от Солнца, отраженного снегом; 2 — от вторичной рассеянной радиации атмосферы, образованной отраженным от снега солнечным светом; 3 — от первичной рассеянной радиации атмосферы, отраженной снегом. Теневая сторона вертикальной плоскости дополнительно освещается: 4 — вторичной рассеянной радиацией атмосферы, образованной отраженной от снега первичной рассеянной радиации; 5 — первичной рассеянной радиацией атмосферы, отраженной снегом.

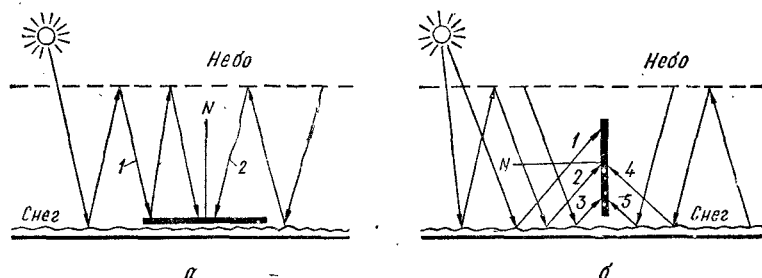


Рис. 83. Схема влияния снежного покрова Земли на образование дополнительной освещенности горизонтальной (а) и вертикальной (б) плоскости кроме прямого света Солнца и неба

Более эффективен отраженный свет от снега зимой в пасмурную погоду. Отражаясь от облачного неба, свет от снега увеличивает общую освещенность предметов примерно в два раза относительно бесснежных дней.

Спектральный состав света Солнца и неба показан графиками на рис. 84, а. Цветность суммарного излучения изменяется с высотой Солнца незначительно, исключая первые 3 ч после восхода и последние 3 ч перед закатом Солнца. Относительное постоянство компенсируется увеличением доли света голубого неба.

114. Свет прямого Солнца при частичной облачности создает повышенную до двойной величины освещенность за счет дополнительного многократного отражения солнечного света от земли и облаков. Степень покрытия неба облаками условно выражается величинами $1/4$, $2/4$, $3/4$ и $4/4$ площади небосвода без различия равномерности. Сплошная облачность ($4/4$ неба) относится к пасмурному дню. Тонкие полупрозрачные, например, легкие перистые облака, закрывающие Солнце, не преграждают путь солнечным лучам, а ослабляют их в два-три раза. Одно небольшое плотное облако на небе, закрывающее Солнце, создает в точке съемки освещенность и цветность, относящиеся к голубому небу. На рис. 84, б показано схематическое распределение света Солнца при облаках на небе.

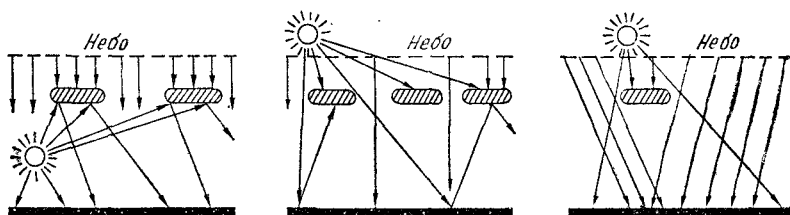
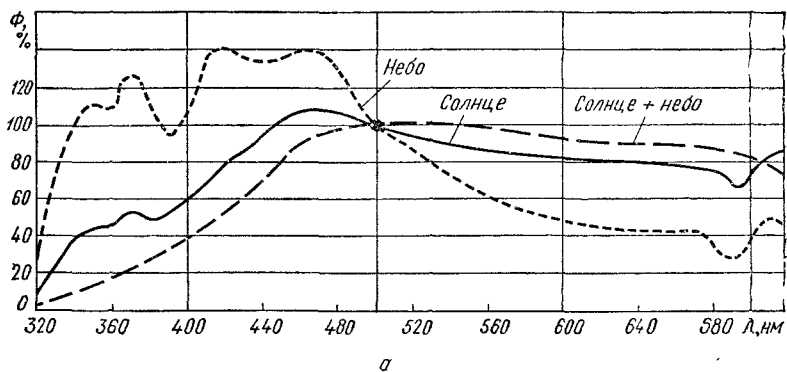


Рис. 84. Спектральные кривые дневного света при безоблачном небе (а) и схема распределения дневного света при облачном небе (б)

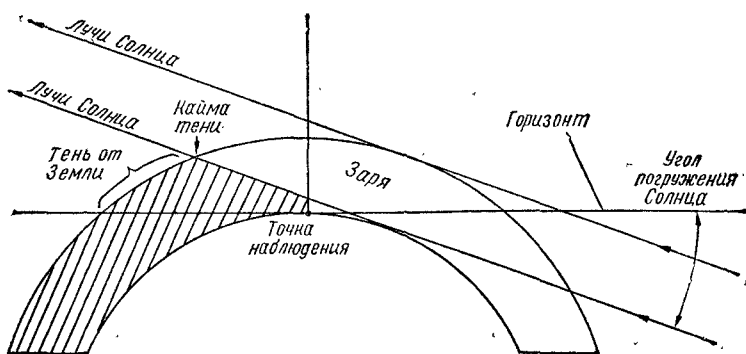


Рис. 85. Схема образования зари

Освещенность без снежного покрова, тыс. лк

Высота Солнца, H, ... °	Перистые облака						Перисто-кучевые облака					
	на Солнце			в тени			на Солнце			в тени		
	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4
5	4	5	5	3	4	4	4	5	5	3	4	4
10	10	10	10	7	7	7	7	8	9	10	11	11
15	15	16	16	11	12	12	16	17	18	12	13	14
20	24	24	25	16	17	17	24	26	28	16	18	20
25	32	33	33	21	22	22	32	35	38	21	24	27
30	40	41	43	25	26	28	41	44	48	26	29	33
35	49	51	53	30	32	34	51	54	59	32	35	40
40	58	60	64	35	37	40	60	64	69	37	41	46
45	68	70	73	41	43	46	69	74	79	42	47	52
50	77	79	83	46	48	52	79	83	88	48	52	67
55	86	88	92	51	53	57	88	92	97	53	57	62

	Высококучевые облака						Кучевые облака					
	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4
5	4	5	5	3	4	4	4	5	5	3	4	4
10	10	11	11	5	6	6	6	11	11	5	6	6
15	16	17	18	7	8	9	16	18	19	7	8	9
20	24	26	29	8	10	13	25	27	27	9	11	11
25	33	36	40	10	13	17	34	37	37	11	14	14
30	42	47	52	12	17	22	43	46	46	13	16	16
35	52	59	63	14	21	25	52	56	56	14	18	18
40	62	70	73	16	24	27	62	65	66	16	19	20
45	74	80	83	20	26	29	70	75	76	17	21	22
50	84	90	92	22	28	30	81	84	85	19	22	23
55	94	99	100	24	29	31	90	93	95	20	23	24

	Слоисто-кучевые облака						Кучево-дождевые облака					
	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4
5	4	4	5	3	4	4	4	4	4	3	3	3
10	9	10	11	4	5	6	9	9	10	4	4	5
15	16	17	17	6	8	8	15	16	16	6	7	7
20	24	27	28	7	11	12	24	26	26	8	10	10
25	33	37	39	10	14	16	33	36	36	10	13	13
30	42	47	50	12	17	20	43	46	46	13	16	16
35	52	57	60	14	19	22	53	56	56	15	18	18
40	61	66	70	15	20	24	64	67	67	18	21	21
45	70	76	81	16	22	27	74	77	77	20	23	23
50	79	84	90	17	22	28	84	86	86	22	24	24
55	88	93	99	18	23	29	93	95	95	23	25	25

Освещенность при снежном покрове, тыс. лк

Высота Солнца, H, ... °	Перистые облака						Слоисто-кучевые облака					
	на Солнце			в тени			на Солнце			в тени		
	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4	1/4	2/4	3/4
5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	3	3	4
10	10	11	11	5	6	6	10	11	11	5	6	6
15	16	17	18	7	8	9	17	17	17	8	8	8
20	24	26	27	8	10	11	25	27	31	9	11	16
25	33	35	39	10	12	16	33	37	44	10	14	21
30	41	45	50	11	15	20	42	48	57	12	18	27
35	51	56	61	13	18	23	52	58	68	14	20	30
40	52	66	70	16	20	24	62	69	80	16	23	34

Ориентировочная $T_{\text{цф}}$, К, суммарного дневного света на горизонтальной плоскости в бесснежное время при средней частичной облачности имеет следующие величины (цифровые значения, выделенные шрифтом, соответствуют допустимым отклонениям от нормы для фотоматериалов ДС, ЦНД, ЦНЛ и ЦО):

Часы суток	12 12	11 13	10 14	9 15	8 16	7 17	6 18	5 19	4 20
Июнь	5800	5800	5800	5650	5450	5200	4600	3800	1400
Май, июль	5800	5800	5750	5600	5400	5150	4550	3100	1100
Апрель, август	5750	5700	5650	5250	4650	3700	1300		
Март, сентябрь	5600	5550	5400	5200	4850	4000	1400		
Февраль, октябрь	5250	5200	5050	4700	3900	1500			
Январь, ноябрь	4800	4750	4400	3800	1700				
Декабрь	4500	4400	4000	3100	1200				

При снежном покрове земли суммарная освещенность увеличивается за счет многократных отражений света Солнца и неба от снега и облаков. Величина суммарной освещенности характерна случайными изменениями, связанными с различиями облачности по высоте и плотности, с чистотой воздуха, толщиной озонового слоя атмосферы и другими причинами. Эти изменения в основном касаются $T_{\text{цф}}$ на концах спектра — короче 450—480 нм и длиннее 650—700 нм. При степени облачности от 1/4 до 3/4 площади небосвода спектр освещения солнечной стороны объекта съемки может изменяться от спектрального состава, соответствующего чистому Солнцу (иногда с розовым оттенком), до состава, соответствующего сплошной облачности (6500 К), а в отдельных случаях до света с более голубым оттенком. Спектр освещения теневой стороны объекта съемки меняется при этом от состава, соответствующего голубому небу (14 000—10 000 К), до спектра сплошной облачности (6500 К), а при наличии ярких белых облаков — до света с розовым оттенком.

115. Свет пасмурного дни характерен двумя особенностями: относительно равномерным изменением освещенности в течение дня и практически постоянством $T_{\text{цф}}$ в пределах 5700—6500 К, одинаковой для любой ориентации поверхности в пространстве. При снежном покрове Земли освещенность увеличивается вследствие многократных отражений света от неба и снега и достигает двукратного значения относительно освещенности пасмурного дня без снега при прочих равных условиях.

Освещенность в пасмурный день, тыс. лк

Стояние Солнца над горизонтом H , ...°

Тип облаков	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
-------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

Без снежного покрова на Земле

Слоистые	16	15	14	12	11	9	8	6	4	3	2
Дождевые	22	20	18	16	14	12	10	7	5	3	2

При снежном покрове Земли

Слоистые	—	—	—	—	34	27	20	14	7	5	3
Дождевые	—	—	—	—	36	29	22	15	8	5	3

Сплошная облачность пасмурного дня без просвечивания голубого неба и видимого диска Солнца образуется облаками, характеризующимися по строению и высоте:

облака верхнего яруса на высоте более 6 км, создающие относительно высокую освещенность при $T_{\text{цф}} = 5700 \text{ К}$ — перистые (10 км) белого цвета в виде волокон или перьев, перисто-кучевые (7,5 км) в виде «барашков», перисто-слоистые (7,5 км) — белесоватая пелена, затягивающая все небо (при этих облаках вокруг Солнца видно «гало»);

облака среднего яруса на высоте 2—6 км, создающие среднюю освещенность при $T_{\text{цф}} = 6000 \text{ К}$ — высоко-кучевые в виде крупных «барашков» белого или серого цвета и высоко-слоистые — плотный покров светло-серого цвета;

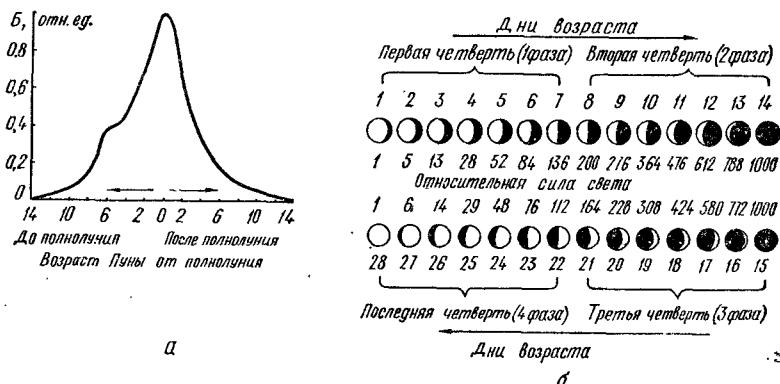


Рис. 83. Кривая интенсивности свечения Луны от полнолуния до полного ущерба (а) и вид диска Луны разного «возраста» по дням (б)

облака нижнего яруса на высоте до 2 км, создающие относительно низкую освещенность при $T_{\text{цф}} = 6500 \text{ К}$ — слоисто-кучевые, имеющие вид галочки или валов серого цвета с темными пятнами и слоистые ($< 1 \text{ км}$) — однородный слой, похожий на густой туман.

Кучевые облака — мощные образования с куполообразными вершинами в виде выступов, развитые по вертикали. Кучево-дождевые облака — мощные массы в виде гор с сильно выраженным вертикальным развитием. Слоисто-дождевые облака имеют вид плотного покрова с фронтальным происхождением.

116. Свет сумерек образуется солнечной радиацией, рассеянной верхними слоями атмосферы при Солнце, стоящем ниже линии горизонта. Источником сумеречного света является заря (рис. 85), проявляющая свойства закона Рэлея (112): при прохождении солнечных лучей через малую толщину воздуха (например около зенита) рассеянные синие лучи достигают глаз наблюдателя; в большой толщине атмосферы (27 и более оптических масс, 111) сине-фиолетовые лучи Солнца многократно рассеиваются в стороны, не доходя до наблюдателя, остаются только лучи желто-красной части спектра. Так возникают желтые, оранжевые и красные цвета зари. Если зрение воспринимает одновременно рассеянную радиацию синего и красного цвета, то ощущается пурпурный цвет зари. При чистой атмосфере сегмент зари окрашен

яркие желтые и оранжевые тона, интенсивность и насыщенность которых изменяются с углом погружения Солнца за горизонт.

Окраска зари бывает насыщенной или блеклой, влияющей на общую освещенность сумерек. Ее величина зависит от содержания в атмосфере водяных паров, аэрозоля и снежного покрова в зимнее время. Продолжительность сумерек (длительность зари) зависит от времени года, географической широты и характеризуется скоростью погружения (или восхождения) Солнца — большая на экваторе и малая в приполярных областях.

В средних широтах освещенность в сумерках изменяется по величине примерно два раза за 5 мин. На относительно высоких широтах летом вечерние сумерки переходят в утренние (белые ночи) со средней освещенностью примерно 1 лк. Полярные сумерки зимой возникают на несколько часов около полудня; в конце зимы и начале осени сумерки с незначительными изменениями проходят в течение нескольких суток. При высоко плавающих облаках освещенность в сумерках увеличивается.

Сумерки разделены на три периода:

гражданские, погружение Солнца $0-6^\circ$ за горизонт — под открытым небом возможно чтение и письмо;

навигационные, погружение Солнца за горизонт $6-12^\circ$ — крупные предметы и природные образования четко различаются по контуру;

астрономические, погружение Солнца на $12-18^\circ$ за горизонт — сохраняется едва заметная заря, препятствующая астрономическим работам.

Освещенность при сумерках, тыс. лк

Гражданских			Навигационных			Астрономических		
<	БО	П	<	БО	П	<	БО	П
0°	740	240	7°	1	0,13	13°	0,003	0,0008
1°	500	75	8°	0,37	0,057	14°	0,0015	0,0006
2°	200	28	9°	0,12	0,031	15°	0,0010	0,0004
3°	96	9,1	10°	0,05	0,0076	16°	0,0007	0,0003
4°	33	4,7	11°	0,015	0,0033	17°	0,0006	0,0003
5°	12	1,7	12°	0,06	0,0017	18°	0,0006	0,0003

Примечание. < — угол стояния Солнца за горизонтом, БО — без облаков, П — пасмурно.

117. Свет Луны отражает 7 % солнечного света и при полном свечении диске примерно в 500 000 раз слабее солнечного. В полнолуние освещенность плоскости, перпендикулярной лунным лучам, величиной 0,3 лк называется *световой лунной постоянной*. На поверхности Земли в безоблачную ночь с чистой атмосферой при зенитном стоянии Луны зимой без снега освещенность от полного диска Луны на горизонтальной плоскости составляет 0,291 лк. При светлой половине диска освещенность снижается в 10 раз. Наличие снежного покрова увеличивает освещенность примерно в 1,5 раза.

Луна всегда находится на участке небосвода, противоположном Солнцу, поэтому она восходит при закате, а заходит при восходе Солнца. Летом Луна поднимается над горизонтом так, как Солнце в зимнее время. Зимой Луна проходит по небосводу путь, близкий летнему солнцестоянию, с максимальной освещенностью, дополняющейся при наличии на земле снега. Контраст лунного освещения аналогичен контрасту солнечного.

Период свечения Луны от появления ее света до угасания характеризуется лунным месяцем, длящимся более 29,5 сут. Практически длительность свечения Луны определяется ее «возрастом» в 28 сут от новолуния до полнолуния. График изменения света луны с «возрастом» приведен на рис. 86, а. Кривая изменения лунного света несимметрична из-за неравномерного распределения темных пятен на лунном диске. Луна всегда обращена к Земле одной стороной. Левая половина содержит наиболее крупные пятна, поэтому убывающая Луна отражает меньше света.

Освещенность (по нормали), создаваемая Луной, зависит от фазового угла. В течение двух-трех дней до и после полнолуния освещенность уменьшается в 1,5—2,5 раза относительно полной Луны. Вследствие прохождения Луны по небосклону, освещенность изменяется в течение ночи. Для полной Луны фазовый угол равен нулю, для юной 180°. Фазовый угол 90° соответствует первой или последней четверти Луны:

*Освещенность от Луны в течение одной четверти
относительно полнолуния*

Дни до и после Фазовый угол, ...° Освещенность, лк
 полнолуния

Полнолуние	0	0,377
±1	±12	0,282
±2	±24	0,2
±3	±37	0,161
±7	±85	0,041

Лунные фазы (рис. 86, б) характеризуются четвертями:

первая — время новолуния с предшествующими темными ночами с наиболее низкой освещенностью. К концу четверти Луна заходит все позже, вечерняя часть ночи освещается лучше, освещенность приближается к средней;

вторая — средний свет Луны по вечерам с темной второй половиной ночи. Наступает время полуночия с высшей освещенностью. Луна начинает заходить позднее полуночи, темными остаются только утренние и предзакатные часы ночи;

третья — время полнолуния с наивысшей освещенностью. На 14-й день Луна восходит с вечера в момент заката и заходит утром в момент восхода Солнца. Вся ночь освещается Луной. К концу четверти время появления Луны сдвигается в сторону поздних часов — Луна восходит ночью;

четвертая — освещенность средняя. Луна убывает. Первая половина ночи темная. К концу четверти Луна превращается в узкий серп, появляющийся на утренней заре. Надвигаются темные ночи новолуния с наиболее низкой освещенностью.

*Лунная освещенность E в зависимости
от возраста Луны, лк*

Дни от новолу- ния	Абсолют- ная E	Относи- тельная E	Абсолют- ная E	Относи- тельная E
0	0,291	1000	0,291	1000
1	0,229	788	0,225	772
2	0,178	612	0,169	580
3	0,138	476	0,123	424
4	0,106	364	0,090	308
5	0,080	276	0,066	228
6	0,058	200	0,048	164
7	0,040	136	0,033	112
8	0,024	84	0,022	76
9	0,015	52	0,014	48
10	0,008	28	0,008	29
11	0,004	13	0,004	14
12	0,002	5	0,002	6
13	0,000	1	0,000	1

118. Свет ночного неба исходит от трех постоянных источников — космического (20 %), эмиссионного (60 %) и сумеречно-ночного (20 %).

Космический источник включает в себя свет планет, звезд и туманностей, блеск которых закрывает сиянием весь небосвод без темных участков.

Эмиссионный свет образуется от отдельных блестящих линий спектра, излучающихся разреженным кислородом, азотом и другими газами, находящимися в состоянии люминесцентного свечения на высоте 100—300 км.

Свет ночных сумерек возникает от сумеречного света зари, освещающей верхние слои атмосферы в ее темной части, куда прямой свет Солнца не проникает, но из которой видна заря. Поток рассеянного света зари рассеивается в различных слоях темной части и последовательно передается в сторону ночного полушария, освещая дальние зоны атмосферы. При любом состоянии Солнца под горизонтом в ионочном небе присутствуют рассеянные лучи Солнца, много раз отразившиеся в воздухе.

К числу непостоянных источников ночного неба относятся молнии и полярные сияния. На высоте около 100 км спектры полярных сияний представляют собой ряд линий в видимой области и сплошной участок в диапазоне 650—950 нм. В более длинноволновой части спектра интенсивность полос излучения соизмерима с интенсивностью излучения ночного неба.

Средняя освещенность горизонтальной плоскости в безоблачную ночь при чистой атмосфере составляет 0,0005—0,001 лк. В пасмурную погоду освещенность снижается в 10 и более раз.

Глава 2

ЦВЕТОВЕДЕНИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА ЦВЕТА

Цвет — это характеристика зрительного восприятия материального мира, позволяющая различать прямые и отраженные излучения по спектральному составу и величине. Субъективные особенности

восприятия цвета рассматриваются в физиологической оптике цветового зрения. Объективное определение цвета выражается колориметрическими величинами при усредненных характеристиках «стандартного наблюдателя» (МКО).

119. Основные данные трехцветного зрения. Колбочки глазной сетчатки объединены в три группы нервных центров — рецепторов, имеющих три типа светочувствительного вещества. Одно вещество реагирует на волны световых лучей в диапазоне 400—490 нм и дает ощущение сине-фиолетового цвета (синечувствительные центры), дру-

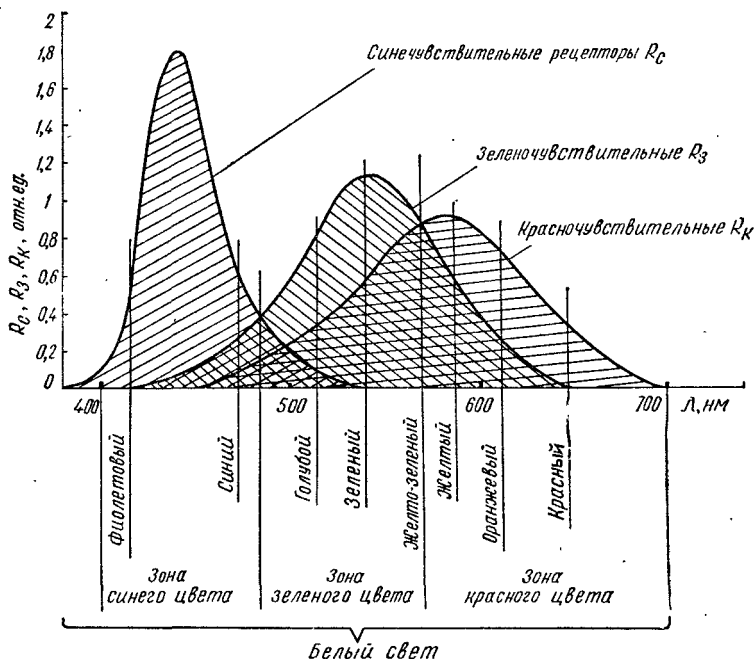


Рис. 87. Кривые основных возбуждений глаза для цветочувствительных рецепторов, описывающие зрительное восприятие цветов

гое — на волны 490—570 нм и дает ощущение зеленого цвета (зеленочувствительные центры), и третье — на волны 570—700 нм с ощущением красного цвета (красночувствительные центры). Реакция одновременно трех групп нервных центров на действие волн в диапазоне 400—700 нм (точнее 380—760 нм) дает ощущение белого цвета. Действие центров описывается кривыми основных возбуждений, показанными на рис. 87.

П р и м е ч а н и е. Для краткости сине-фиолетовый цвет называется синим, хотя синий — это смесь сине-фиолетового с частью зеленого.

Все ощущения разнообразных цветов являются результатом различных комбинаций спектральных излучений и их интенсивности. При восприятии электромагнитных излучений глаз анализирует свет, определяя в нем относительное содержание синих, красных и зеле-

ных лучей, и синтезирует их сознанием в результирующий цвет. В возрасте человека с 5 до 25 лет наблюдается быстрый рост способности глаза к цветоразличению, затем начинает медленно убывать. К 65 годам чувствительность к цвету существенно падает, вследствие потери прозрачности жидкости хрусталика, стекловидного тела и других причин.

120. Трехзональная система цвета. Для упрощения расчетов и цветовых определений по графикам спектральных характеристик оптический диапазон условно разделен на спектральные зоны по 100 нм каждая. Для видимого света приняты три цветовые зоны: синяя — 400—500 нм, зеленая — 500—600 нм и красная — 600—700 нм. Каждый цвет определяется смесью лучей приведенных трех зон различной интенсивности. Трехзональная система совместно с числовым и графическим выражениями цвета дает возможность легко и быстро, с достаточной для практики точностью, решать задачи цветоведения и цвето-воспроизведения.

121. Числовое и графическое выражение цвета. Сведения о спектральной характеристике цвета предмета можно представить в виде таблиц, непрерывных кривых линий в системе координат и спектро-зональными графиками. Данные приводятся в зависимости от длины волны λ величинами: отражения ρ , пропускания τ или поглощения D (оптической плотности). Приводимые ниже данные оранжевого свето-фильтра могут служить примером числового выражения цвета.

λ , нм	τ	D
400	0,1	1
450	0,1	1
500	0,1	1
550	0,2	0,7
600	0,4	0,4
650	0,6	0,25
700	0,8	0,1

Наиболее наглядное представление о цвете дают спектральные кривые в системе координат, показывающие количество световой энергии для каждой длины волны излучения. Если цвет относится к непрозрачному телу, то кривая в большинстве случаев характеризуется коэффициентом отражения ρ (рис. 88, а), реже — плотностью D . Ось ординат для коэффициента отражения размечается от 0 до 1. Если цвет относится к прозрачным телам (светофильтрам, негативам), то кривая характеризуется коэффициентом пропускания τ с разметкой оси ординат от 0 до 1 (рис. 88, б) или плотностью D с разметкой оси от 0 до 1, от 0 до 2 или от 0 до $3D$ (рис. 88, в). Цветные излучения как правило характеризуются кривой освещенности E с разметкой оси ординат в относительных единицах (рис. 88, г).

Для решения большинства практических задач наиболее приемлемо графическое выражение цвета диаграммой в виде трехзонального графика, которому соответствуют непрерывные кривые E , ρ или τ . При пересчете непрерывной кривой в трехзональную диаграмму необходимо площадь каждой зоны, ограниченную кривой, перевести в площадь прямоугольника (рис. 88, д) и построить трехзональный график (рис. 88, е). Этим пересчетом выявляется резкое различие цветовых зон, позволяющее по их уровням определять цветовой тон и степень насыщенности. Наглядность трехзонального графика допускает пересчеты кривых в приближенном виде, но достаточные для практического применения.

122. Признаки цвета (атрибуты цвета) — *цветовой тон, насыщенность и светлота* — как понятия выработаны зрением человека в процессе распознавания различных предметов при дневном освещении. Понятие цветового тона связано с красящим веществом, определяющим окраску предметов, насыщенности — с количеством этого вещества, а светлоты — с отражательной способностью цветового тона относительно отражения белой поверхности.

Любой цвет точно определяется двумя числами: первое — *цветовой тон*, обозначаемый длиной волны аналогичного ему спектрального цвета λ (123), второе — *насыщенность* P , % (колориметрическая чистота, 124). В колориметрии *цветовой тон, насыщенность и светлота*

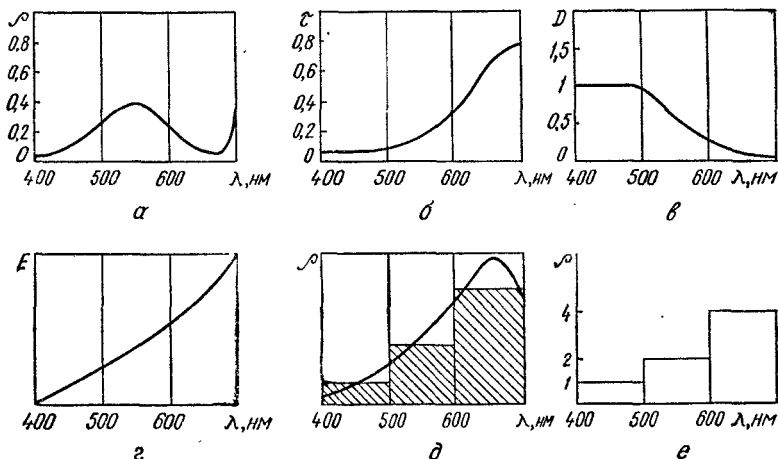


Рис. 88. Графическое выражение цвета:

a — зеленый цвет окраски; *b* — цвет желтого светофильтра, выраженный коэффициентом пропускания; *c* — цвет того же светофильтра, выраженный оптической плотностью; *e* — цвет излучения лампы накаливания с $T_{\text{цв}} = 2800$ К; *d* — оранжевый цвет окраски, выраженный непрерывной кривой и зональной диаграммой; *e* — зональная диаграмма темно-оранжевого цвета с соотношением цветовых зон 1:2:4

определены как параметры цвета и закреплены точными математическими величинами. Нормальное зрение человека способно различать свыше десяти—тринадцати тысяч цветовых оттенков. Глаз воспринимает около 200 цветовых тонов, из них примерно 150 спектральных и 30—40 пурпурных, а по насыщенности до 20 ступеней каждого цветового тона и не менее 600 ступеней яркости.

Цвет и цветность — понятия различные. Общим термином *цвет* характеризуются все ахроматические цвета — белый, серый, черный и хроматические цвета — синий, желтый, красный и др. Белый, черный и серые отличаются друг от друга только светлотой. Они лишены цветового тона и имеют соответственно нулевую насыщенность, образуя шкалу серых полутонов. *Цветность* — качественный признак хроматического цвета, отличающий его от белых, серых и черных цветов насыщенностью, а следовательно, и цветовым тоном. Без параметра светлоты цветность определяет только признак цвета. Цветность и светлота определяют отражательную способность данного цвета. Для хроматических и ахроматических цветов светлота является общим параметром.

123. Цветовой тон — основной признак (атрибут) цвета — характеристика хроматического цвета, приравняемая к одному из спектральных или пурпурных цветов и определяемая такими названиями, как синий, красный, зеленый и др. Численно цветовой тон выражается длиной волны λ в нанометрах того спектрального состава, с которым данный цветовой тон имеет максимальное сходство.

Основными спектральными цветами (кардинальными стимулами, МКО 1931) приняты: сине-фиолетовый — 435,8 нм, зеленый — 546,1 нм и красный — 700 нм. Цветовой тон пурпурных цветов условно выражается длиной волны дополнительных к ним зеленых цветов, взятой с отрицательным знаком. Для участков спектра, $\Delta\lambda$ нм, приняты следующие цветовые тона:

380—450 — фиолетовый	550—575 — желто-зеленый
450—480 — синий	575—585 — желтый
480—510 — голубой	585—620 — оранжевый
510—550 — зеленый	620—760 — красный

Изменение цветового тона по спектру зрение ощущает неодинаково. Различие ощущается при изменении длины волны на минимально возможную величину $\Delta\lambda$ — наименьшее приращение, называемое порогом цветоразличения по цветовому тону. Один порог цветового тона соответствует той минимальной разности длин волн однородного излучения, при которой их цвета становятся едва различимы. Наибольшую чувствительность к различению цветового тона при неиз-

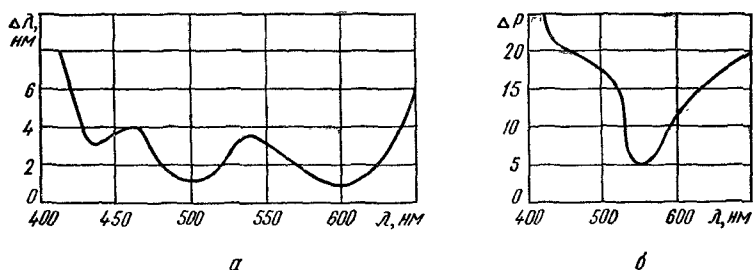


Рис. 89. Усредненные кривые:

a — пороги цветоразличения по цветовому тону $\Delta\lambda$; *б* — пороги различения насыщенности ΔP

менной яркости зрение обнаруживает в области зелено-голубых (≈ 500 нм) и оранжевых (≈ 600 нм) лучей, где порог цветоразличения $\Delta\lambda = 1...2$ нм (рис. 89, *a*). Наихудшее цветоразличение ощущается в сине-фиолетовой и красной областях спектра, где $\Delta\lambda$ достигает 6 нм и более.

124. Насыщенность (атрибут цвета) — степень выражения цветового тона, отличающая его от ахроматического цвета той же светлоты. Чем яснее выражен цветовой тон, тем больше насыщенность цвета и тем больше он отличается от ахроматического — белого, серого и черного. Графически насыщенность, как признак ахроматичности, начинает проявляться с уменьшением или увеличением уровня одной или двух цветовых зон, или какого-либо одного из спектральных цветов относительно уровня ахроматического.

Наглядно степень насыщенности иллюстрируется на трехзональных графиках (рис. 90, *a*). Насыщенность проявляется тем яснее,

чем больше отличие от ахроматического. При значительном отличии, когда уровень ахроматического цвета мал, насыщенность приобретает большую величину. В таких случаях подразумевается примесь белого или серого цвета к выделенному хроматическому (зональному или спектральному). Поэтому насыщенность обратна его разбеленности (рис. 90, б).

Хроматические цвета с сильно выраженным цветовым тоном называются насыщенными (рис. 90, а). Цвета, имеющие в своем излучении мало выраженный цветовой тон, называются двояко: разбеленные малонасыщенные — с большим уровнем примеси белого цвета (рис. 90, а) и темные малонасыщенные — с примесью серого (рис. 90, в).

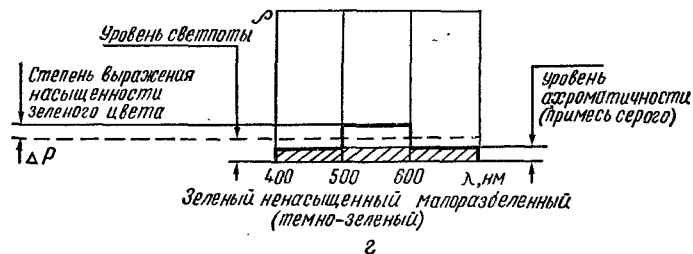
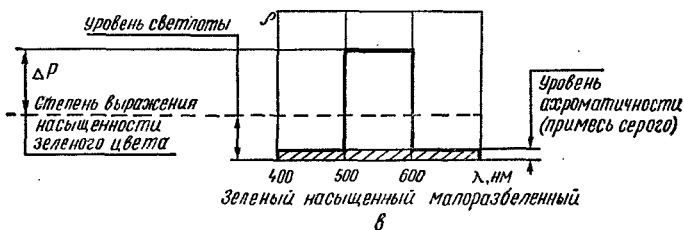
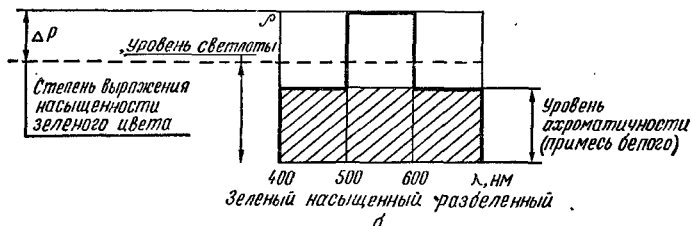
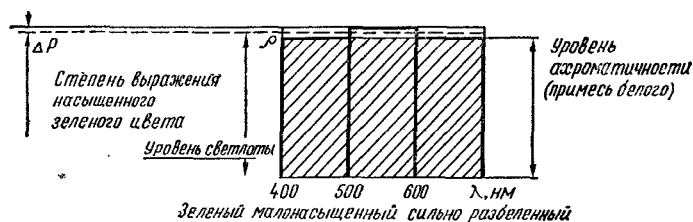
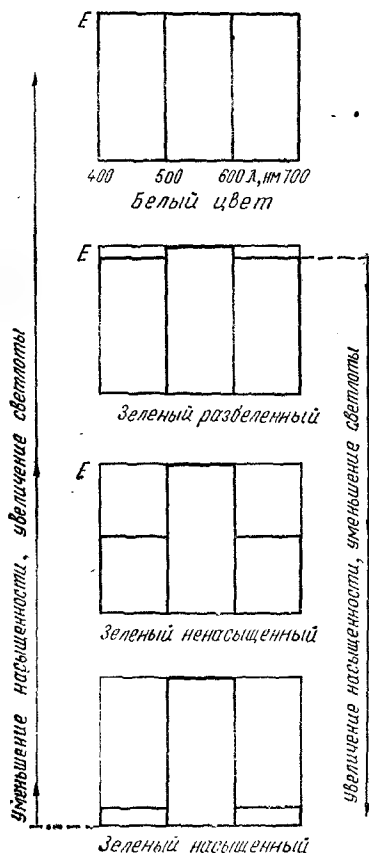


Рис. 90. Графическое выражение насыщенности

Насыщенность цвета не зависит от его яркости, а только определяет отношение между светлотой (125) и выражением его цветового тона. Для любого цвета можно составить непрерывный ряд оттенков, начинающийся от едва заметной окрашенности чисто-белого, далее к средней насыщенности и через значительную интенсивность цветового тона без примеси белого получить насыщенный цвет. Это достигается уменьшением уровня разбеленности (рис. 91).



Насыщенность P можно выразить двумя способами: первый — количеством порогов различения ΔP , содержащихся между данным цветом и ахроматическим, равным ему по светлоте. Один порог насыщенности цвета соответствует той минимальной разности чистоты ΔP , при которой едва замечается различие насыщенности. Чем больше порогов различения, тем насыщеннее цвет (рис. 90, б). Чувствительность глаза к цвето-различению оценивается величиной, обратной ΔP . Наибольшая способность глаза к различению насыщенности приходится на зеленую область спектра (рис. 89, б).

По второму способу насыщенность определяется отношением к спектральным цветам и измеряется величиной, называемой колориметрической чистотой цвета. Термин чистота цвета (p) более удобен в определении насыщенности, поскольку показывает относительное содержание монохроматического и белого цвета в излучении, зрительно тождественному данному: $p = B_\lambda / (B_\lambda + B_0)$, где B_λ — яркость монохроматического излучения, имеющего тот же цветовой тон, что и из-

Рис. 91. График развития насыщенности и светлоты зеленого цвета

меряемое; B_0 — яркость белого излучения. Формула показывает, что для чистого спектрального цвета B_λ насыщенность будет равна единице, а для чисто белого B_0 — нулю. Спектральные цвета имеют разную насыщенность и колориметрическая чистота (степень насыщенности) есть лишь относительная мера этой величины.

125. Светлота — относительная безразмерная величина, позволяющая количественно отличать зрительные ощущения, вызываемые различными по яркости смежными поверхностями при одинаковой освещенности. Ощущение зрением светлоты основано на возбуждении цветоощущающих центров глаза в различной степени светом одной, двух

или одновременно трёх зон спектра (рис. 87, 92). При допустимо максимальном возбуждении одновременно трехцветоощущающих центров зрение ощущает белый цвет со светлотой 100 % (рис. 92, а). Графичес-

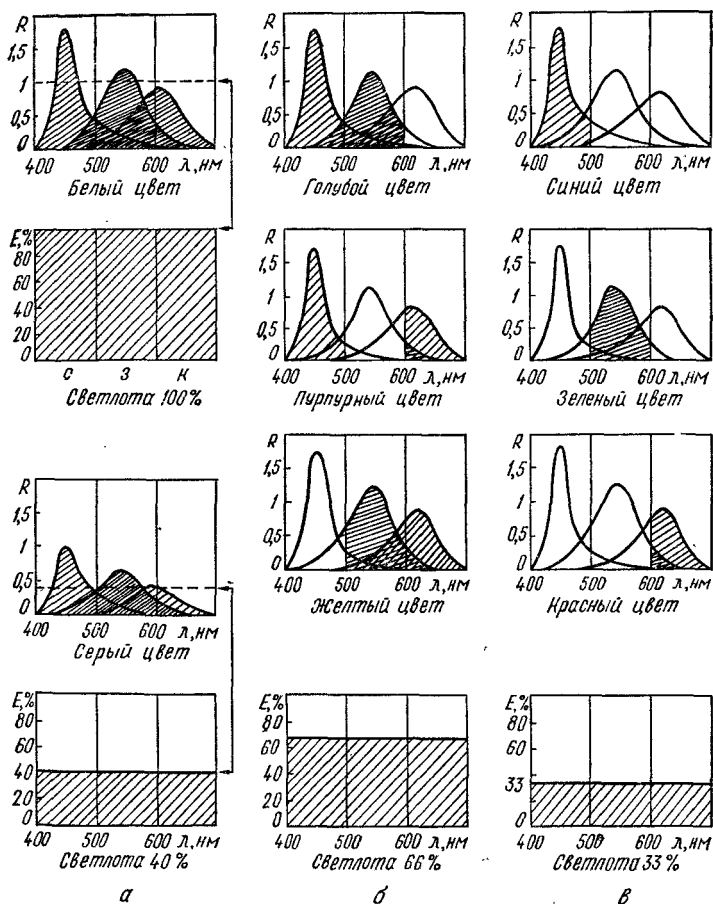


Рис. 92. Графическое определение светлоты уровнем над осью абсцисс (заштрихованные прямоугольные площади) соответственно степени возбуждения цветоощущающих центров зрения (заштрихованные площади, ограниченные кривыми) в относительных единицах при возбуждении групп цветоощущающих центров зрения: а — трех; б — двух; в — одной

ки степень светлоты определяется площадью, ограниченной кривыми основных возбуждений глаза и осью абсцисс (аналогично суммарной плотности излучения по спектру). Для численного выражения светлоты цвета в процентах и с целью упрощения эта площадь переводится в площадь прямоугольника, лежащего на осях координат. Верхняя сторона прямоугольника отмечает на оси ординат уровень светлоты,

в данном случае максимальную светлоту 100 %, вызывающую ощущение зрением белого цвета. При меньшем возбуждении трех цветоощущающих центров, относительно максимального, возникает ощущение серого цвета (нижние два графика на рис. 92, а). Если возбуждение мало или совсем отсутствует, то ощущается темно-серый или черный цвет соответственно.

Если возбуждаются какие-либо два цветоощущающих центра, то их реакция составляет две трети от 100 %-ного возбуждения (рис. 92, б), и при максимальном возбуждении глаза желтым, голу-

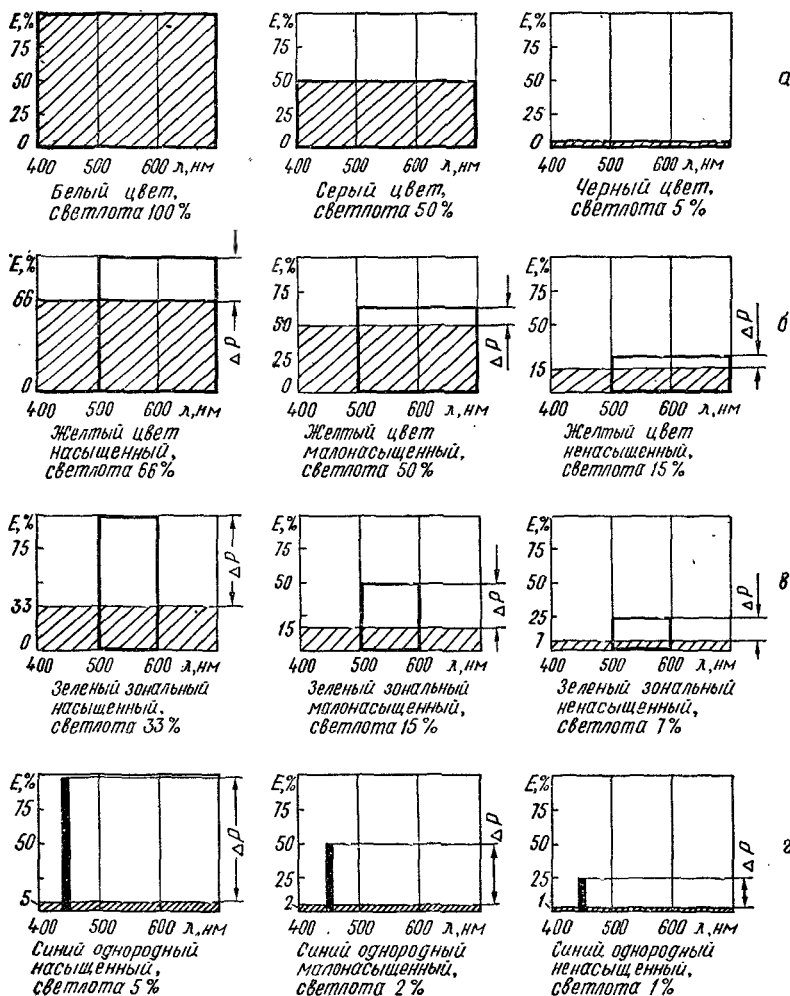


Рис. 93. Выражение светлоты различных цветов посредством площадей в зональных графиках; степень светлоты ограничена верхней горизонтальной линией заштрихованной площади

бым или пурпурным цветом его светлота ощущается в меньшей степени и составляет не более 66 %. При относительно меньшем возбуждении двух цветоощущающих центров светлота цвета ощущается еще меньше.

Однозональные потоки — синий, зеленый или красный возбуждают только один цветоощущающий центр соответственно, и его реакция составляет лишь одну треть от суммарного возбуждения трех центров (рис. 92, в). Степень светлоты при ощущении однозонального цвета при максимальном возбуждении зрения не превышает 33 % и уменьшается с понижением возбуждения.

Светлота поверхностей предметов является постоянной характеристикой любого цвета окраски относительно белого, независимо от величины освещенности (яркости), и означает, по существу, интегральный по спектру коэффициент отражения (рис. 93, а, б, в). Спектральные цвета определяются однородными излучениями с длинами

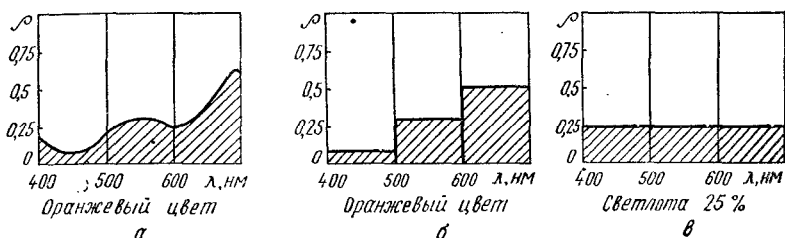


Рис. 94. Графический пример определения светлоты однотипной оранжевой поверхности (а, б) посредством площади суммарной плотности излучения (в); $\rho \cdot 100 = 25 \%$

воли в узких пределах спектра $\Delta\lambda \leq 10$ нм с обозначением средней длины волны. Их воздействие на цветоощущающие центры, относительно белого (максимального), значительно мало. На графике это воздействие выражается очень малой площадью монохроматического цвета, определяющей уровень светлоты не более 5 % (рис. 93, г). При относительно малой светлоте спектральные монохроматические и однородные цвета обладают высокой относительной яркостью и насыщенностью.

Хроматические несектральные цвета различных предметов выражаются спектральными кривыми в трех цветовых зонах спектронального графика с относительно небольшой светлотой. Воздействие таких цветов на цветоощущающие центры неравномерно. В этом случае светлоты выражаются суммарной площадью всех трех зон, ограниченной кривой цвета (рис. 94). Величина светлоты определяется равноценной площадью прямоугольника, лежащего на осях координат, с отсчетом на ординате по формуле $\rho \cdot 100, \%$.

126. Основные и дополнительные цвета. Синий, зеленый и красный цвета называются основными или независимыми. Их одновременное, равноценное и максимальное воздействие на зрение дает ощущение белого цвета. Ни один из основных цветов не зависит от другого основного и не может быть получен оптическим смешением двух других основных цветов. При воздействии на зрение двух основных цветов ощущаются желтый, пурпурный и голубой, называемые дополнительными цветами, поскольку дополняют собой соответственно синий, зеленый и красный основной цвет до получения белого.

Пары излучений, образующие при смешении белый или другой ахроматический цвет, называются взаимодополнительными (рис. 95):

белый = синий + зеленый + красный,
 белый = синий + желтый (зеленый + красный),
 белый = зеленый + пурпурный (синий + красный),
 белый = красный + голубой (синий + зеленый).

Каждому спектральному цвету соответствует другой спектральный цвет, в смеси с которым он дает белый цвет. На рис. 96 показаны

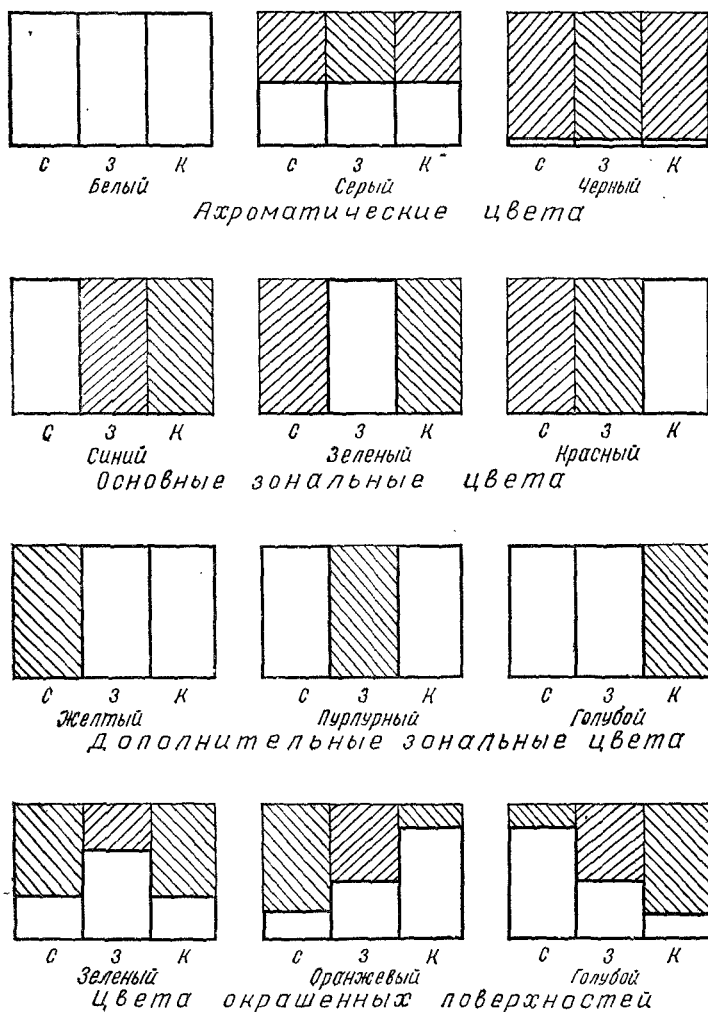


Рис. 95. Зональные графики цветов:

основных — незаштрихованные и дополнительных — заштрихованные площади

кривые, позволяющие определить взаимодополнительные цвета в нанометрах. Для участка спектра между 493 и 567 нм дополнительными цветами являются пурпурные, отсутствующие в спектре, но ощущаемые зрением. Обозначаются пурпурные цвета длиной волны дополнительных им зеленых цветов со знаком минус.

Оптическим смещением излучений трех основных пар взаимодополнительных цветов в различной пропорции образуется большое разнообразие различающихся по насыщенности и светлоте цветов. Основные цвета применяются для аддитивного синтеза цветных изображений, дополнительные — для субтрактивного.

127. Зрительное определение цвета по графикам. Для ориентировочного определения цвета снимаемого объекта или светофильтра достаточно зрительный анализ графика спектральной характеристики. «Читать» кривую — значит уметь, взглянув на график, определить общий характер цвета, а при сравнении нескольких кривых, определить, в чем будут основные различия между цветами. Спектральные характеристики цвета в системе координат, показывающей зависимость коэффициента отражения ρ , пропускания τ или плотности D от длины волны λ в пределах светового или оптического диапазона. Если кривая выражена коэффициентом отражения ρ , то следует определить, какова неравномерность или равномерность отражения света по спектру, а при выражении коэффициентом пропускания τ — в какой из зон пропускание наибольшее и в какой наименьшее, где расположен максимум кривой и насколько велико отражение или пропускание света по всем трем зонам.

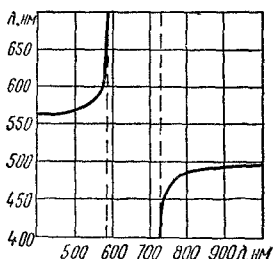


Рис. 56. Кривые спектральных взаимодополнительных цветов

Ахроматические цвета — белый, черный и серые, представляются на графике расположенными на различном уровне относительно горизонтальными или едва заметными волнистыми линиями над осью абсцисс (рис. 97, а). Интенсивность излучения при отражении или пропускании света для всех длин волн ахроматического цвета примерно одинакова. При некоторой непрямолинейности линий зрение воспринимает цвета этих объектов ахроматическими. На рисунке видно, что белая бумага (кривая 2) по сравнению со снегом (кривая 1) несколько желтовата, в ее отражении синие лучи несколько приуменьшены. Окись цинка (кривая 3) — белая, с голубизной, поскольку к синей зоне спектра ее линия имеет едва заметный подъем.

У ахроматических материалов цветовой тон может быть выражен на грани возникновения насыщенности ($< \Delta P$). Зрение воспринимает эти материалы одинаково белыми вследствие ограниченной чувствительности глаза к синим и красным цветовым тонам (кривая спектральной эффективности глаза (10)). Насыщенность, как признак цветового тона, начинает проявляться при отклонении линии цвета от горизонтальности, начиная с порога ΔP .

Хроматические цвета выражаются кривыми с подъемами и спадами при различной крутизне линий (рис. 97, б, в, г, д). Чем больше разница между минимумом и максимумом кривой и чем больше крутизна и глубина изгибов, тем больше насыщенность. Цветовой тон распознается по максимуму подъема кривой в одной или двух зонах спектра с преобладающими лучами. На рис. 97, б кривая 5 характеризуется подъемом к красной зоне спектра, в отражающем свете относительно много красных лучей, лучи зеленой зоны несколько умень-

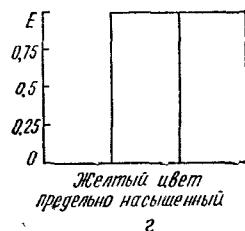
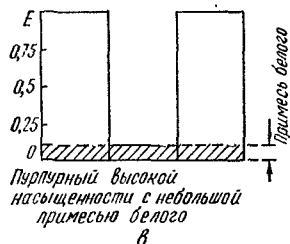
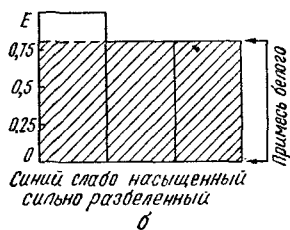
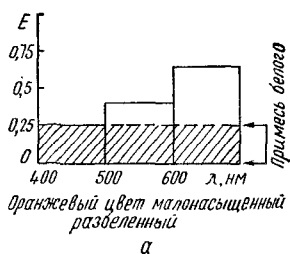
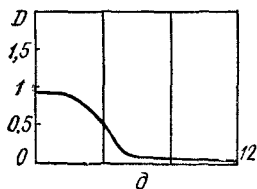
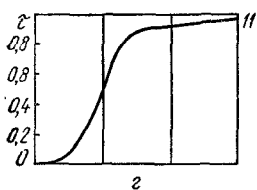
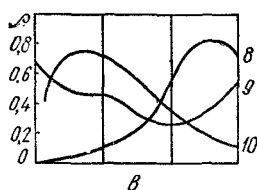
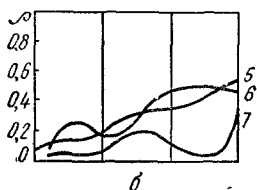
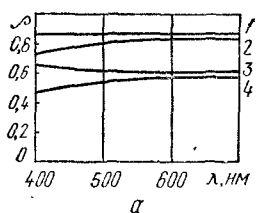


Рис. 97. Спектральные кривые отражения различных материалов:

1 — снег; 2 — белая бумага; 3 — окись цинка; 4 — мел; 5 — бурый лист; 6 — желтый лист; 7 — темно-зеленый лист; 8 — красная краска; 9 — пурпурная краска; 10 — синяя краска; 11 и 12 — желтый светофильтр

Рис. 98. Зональные графики цветов разнй насыщенности (с различной примесью белого)

шены. В совокупности свет двух зон создает оранжевый цвет. Лучи синей зоны, как наименьшей по уровню, в образовании цвета не участвуют, они разбеливают его, внося долю ахроматичности. Поскольку уровень подъема кривой красной и зеленой зон относительно синей мал, насыщенность этого цвета незначительна. Светлота цвета 5 при относительно большой разбелке составляет около 20 %, результирующий цвет — светло-коричневый, называемый в обиходе для приведенного листа растения бурым.

Несколько ярче выглядит желтый лист (кривая 6), с более выраженным подъемом в зоне желтых лучей спектра. Темно-зеленый цвет (кривая 7) характерен подъемом в зеленой области спектра. Светлота этого цвета низка и характеризуется расположением линии цвета около оси абсцисс.

Относительно более насыщены цвета покрасок. Кривая 8 показывает значительное отражение в красной зоне спектра. Наибольшая примесь лучей зеленой зоны придает красному цвету оранжевый оттенок. Лучей синей зоны краска почти не отражает, характеризуя высокую насыщенность при значительно малой разбелке. Спектральная плотность цвета 8 оценивает светлоту красной краски примерно в 35 %, позволяя считать ее яркой ($\rho = 0,8$ в красной зоне).

Кривая 9 имеет подъемы в красной и синей зонах спектра и впадину в зеленой. Это — пурпурный цвет, средней насыщенности со светлотой порядка 40 % и хорошо разбеленный (уровень белого 20 %). Кривая 10, имея подъем в синей зоне спектра, показывает яркий ($\rho = 0,7$) синий цвет с голубым оттенком (примесь лучей зеленой зоны), средней насыщенности, разбеленный (примесь лучей красной зоны, ахроматичность 15 %).

На графиках с оптическими плотностями (рис. 97, д) подъему кривой соответствует поглощение длин волн. Для определения цвета следует выяснить, что пропускает, например, светофильтр, в каких участках спектра кривая соответствует минимальным плотностям. Цветовая зона, где кривая плотности лежит относительно ниже, а следовательно, и пропускание больше всего, будет определять основной оттенок цвета. На рис. 97, г, д показана характеристика одного и того же желтого светофильтра, выраженного через коэффициент пропускания τ (кривая 11) и плотностью D (кривая 12). Кривые показывают относительный спектральный состав проходящего света, характеризующий его цветность, но не яркость. Фильтр пропускает лучи зеленой и красной зон (коэффициент пропускания для этих лучей велик — $\tau = 0,9$ или оптическая плотность на пути этих лучей мала — $D = 0,09$). Синие лучи пропускаются фильтром в незначительном количестве ($\tau = 0,02$; $D = 0,9$). Значительная насыщенность желтого цвета показана большим размахом между максимумом кривой в зеленой и красной зонах и минимумом в синей зоне спектра. Крутизна подъема кривой от синей к зеленой зоне спектра позволяет считать светофильтр желтым, почти зональным.

Значения оптических плотностей находятся в логарифмической зависимости от коэффициента пропускания τ . Кривые плотностей по спектру имеют более пологий вид, чем соответствующие им кривые пропускания. Увеличение плотности на величину $D = 0,3$ соответствует уменьшению коэффициента пропускания вдвое.

Наиболее эффективно чтение цвета по трехзональным графикам (рис. 98). Цветовой тон определяется по одной или двум зонам наибольшего отражения или пропускания. Уровень третьей зоны показывает количество примеси ахроматического (белого) цвета, определяя насыщенность цветового тона. На рис. 98, а оранжевый цвет состоит из смеси лучей красной и зеленой зон. Наименьший уровень отражения

в синей зоне определяет долю белого в данном цвете (заштрихованная часть графика). Эта доля составляет половину плотности излучения по спектру и представляет поэтому оранжевый цвет малонасыщенным и достаточно разбеленным.

Синий цвет (рис. 98, б) определен лучами одной зоны. Значительная доля белого цвета определяет сильную разбелку и показывает слабую насыщенность. Пурпурный цвет (рис. 98, в) образован лучами двух зон — синей и красной. Наибольшая примесь белого (10 %) при высоком уровне энергии лучей двух зон представляет цвет насыщенным и ярким. Желтый (рис. 98, г) — насыщенный, неразбеленный, яркий. Цвет состоит из смеси равных предельных количества зеленых и красных лучей.

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЦВЕТОВ

Каждый цвет можно изменить сложением — добавлением к нему новых цветных лучей или вычитанием из него части его собственных. В обоих случаях новый состав лучей образует новый цвет. Способы образования цветов называются аддитивным (слагательным) и субтрактивным (вычитательным) синтезом цвета. Различие между ними состоит в методе выделения и способе дозирования потоков синего, зеленого и красного цветов. При аддитивном синтезе цветовые потоки формируются отдельными источниками с дозированием *независимыми* средствами — диафрагмами или серыми клиньями. При субтрактив-

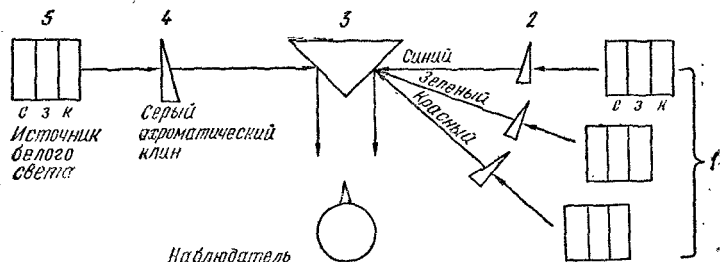


Рис. 99. Схема аддитивного синтеза цветов посредством цветных потоков света. Серым оптическим клином определяется сравнительная светлота полученного цвета

ном синтезе потоки основных цветов выделяются и одновременно дозируются *зависимыми* средствами — светофильтрами, красками или красителями.

128. Аддитивный синтез цвета основан на смешении лучистых потоков трех основных цветов — синего, зеленого и красного, четырьмя способами: 1 — смешением потоков на белом экране вне глаза; 2 — пространственным (одновременным) смешением цветовых потоков в глазу; 3 — последовательным смешением потоков в глазу; 4 — последовательным проецированием цветных потоков на экран. При аддитивном смешении цветов вне глаза яркости цветовых потоков суммируются, результирующая яркость цвета возрастает. При смешении цветовых потоков в глазу вследствие адаптации регистрируется средняя яркость цветов.

Смешение цветовых потоков на белом экране вне глаза (рис. 99). Из разных мест пространства от трех источников белого света 1 посредством зональных светофильтров 2 выделяются зональные световые

потоки — синий, зеленый и красный, смешиваются на правой плоскости белой призмы 3 и направляются в глаз наблюдателя. Поскольку глаз не различает составляющих сложных излучений, зрение воспринимает действие трех основных излучений как единый цвет. При равноинтенсивных зональных потоках отраженный свет ощущается белым. Для измерения его светлоты на левую сторону призмы проецируется белый свет 5, дозируемый серым оптическим клином 4.

Для получения цветов, отличных от белых, смешиваются два зональных цветовых потока, позволяющие получать большое разнообразие различных цветов (рис. 100, а, б, в). На рис. 100, г для сравнения показано получение белого света смешением трех зональных пото-

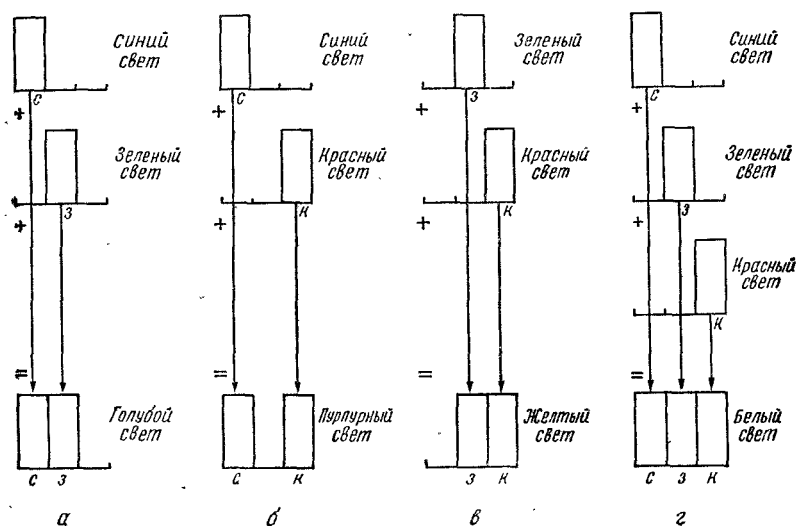


Рис. 100. Графическое выражение аддитивного синтеза цвета

ков. При добавлении к смеси двух потоков третьего зонального с меньшей интенсивностью цвет разбеливается с уменьшением его насыщенности. На рис. 101, а смешиваются два основных цвета — зеленый и красный, дающие в смеси на экране оранжевый цвет (из-за меньшего уровня зеленого). При добавлении к этой смеси синего цвета, по интенсивности меньшего, чем уровень зеленого, оранжевый цвет получает ахроматическую добавку, т.е. разбеливается синим цветом (заштрихованная площадь), понижая насыщенность оранжевого. Если уровень добавляемого синего цвета выше уровня зеленого, то результирующий цвет *меняется* и вместо оранжевого становится пурпурным, а разбелку вносит зеленый цвет, как наименьший по уровню (рис. 101, б).

Пространственное смешение цветовых потоков в глазу происходит при малом угле зрения, когда в сетчатку глаза одновременно попадают рядом идущие цветовые потоки, вызывающие суммарную реакцию зрительного восприятия. Поскольку одно нервное волокно сетчатки не воспринимает одновременно два различных излучения, глаз не различает близко расположенных мелких точек отдельно, а ощущает их как единое целое.

Если близко расположенные цветные точки имеют различный цвет, то зрение воспринимает их излучения как аддитивную смесь. В среднем глаз может различать две светящиеся точки раздельными с расстояния 2 км, если они отстоят друг от друга на 1 м. Для нормального зрения с расстояния 25 см этому соотношению соответствует расстояние между гипотетическими точками 125 мкм. При реальных размерах точек расстояния между ними всегда меньше и две точки воспринимаются как одна.

Примером простраивенного аддитивного смешения цветов может служить «пуантель» в живописи и растровый способ в полиграфии. Ощущение группы разных цветов единым цветом возникает, когда

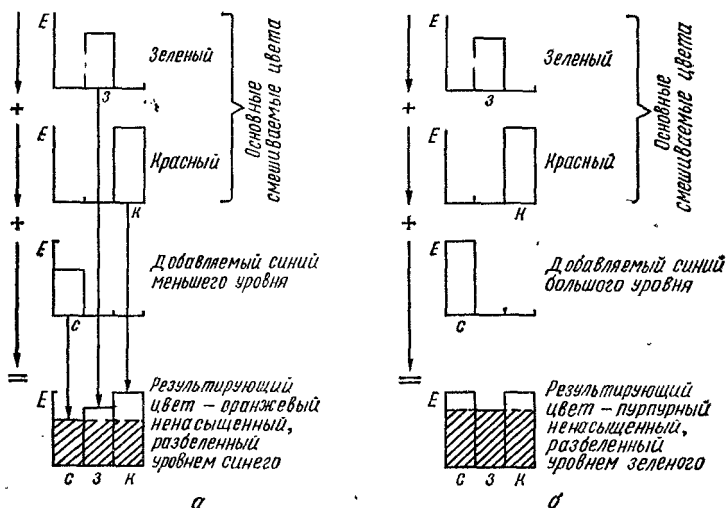


Рис. 101. Схема разбеливания цвета. Прибавленный к смеси зеленого и красного синий цвет разбеливает результирующий оранжевый

размеры цветowych пятен на сетчатке глаза выходят за пределы его разрешающей способности, и каждый элемент сетчатки (группа трех разноименных колбочек) возбуждается одновременно разными цветами.

Последовательное смешение цветовых потоков в глазу основано на инерции зрения и выражается в быстрой смене зрительных ощущений от импульсного воздействия последовательно и часто повторяющихся разных цветowych лучей, направляемых в глаз. Реакция на возбуждение сетчатки глаза от одного цвета относительно длительна и не успевает прекращаться перед возбуждением от очередного импульса цвета. В результате поддерживается постоянный средний уровень возбуждения цветоощущающих центров с ощущением одного цвета.

Последовательное проецирование цветowych потоков на белый экран с достаточной частотой, при которой исчезает их мелькание, также возбуждает ощущение единого цвета.

Основные способы аддитивного синтеза. Первый — отдельные световые потоки зональных цветов (цветоделенные изображения) не находятся в одной плоскости. Они совмещаются от трех источников белого света либо на экране, либо, до наблюдения глазом, вводятся

в общий световой поток посредством призм или полупроводниковых зеркал. *Второй* — цветоделенные изображения располагаются в одной плоскости (цветной негатив). Они совмещаются проекцией на экран от одного источника последовательно за каждым зональным светофильтром (цветная фотокинопечать). В обоих методах хроматическое качество результирующего цвета зависит от степени избирательности (зональности) цветовых потоков или светофильтров.

129. Цветовой круг. Все цвета спектра в различной комбинации можно схематично расположить в последовательный ряд (рис. 102, а). В нем цвета изображены зональными графиками, а на рис. 102, б показан пример сложения взаимодополнительных цветов для полу-

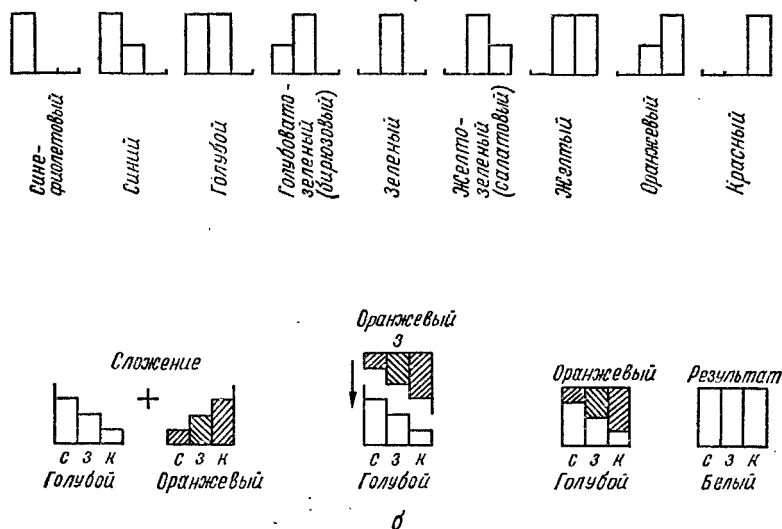


Рис. 102. Спектральный ряд зональных цветов (а) и сложение взаимодополнительных цветов (б)

чения белого. Если соединить вместе крайние цвета ряда — красный и сине-фиолетовый, дающие в смеси отсутствующий в спектре пурпурный цвет, то образуется цветовой круг (рис. 103, а), на котором основные зональные цвета зачернены и находятся в углах равностороннего вписанного треугольника.

Каждый цвет на окружности имеет только ему одному присущий, расположенный на противоположном конце диаметра, дополнительный цвет, дающий в смеси с ним белый. Эта пара цветов называется взаимно-дополнительными цветами. Например, для желто-зеленого дополнительным является пурпуро-фиолетовый цвет. При сложении взаимно-дополнительных цветов образуется белый или серый цвет (рис. 103, б), при вычитании всех цветов из белого ощущается черный цвет (рис. 103, в). Сложение взаимно-дополнительных цветов показано на рис. 102, б.

Три закона аддитивного смешения цветов (по цветовому кругу).

Первый закон — ко всякому хроматическому цвету можно подобрать другой хроматический цвет диаметрально противоположный,

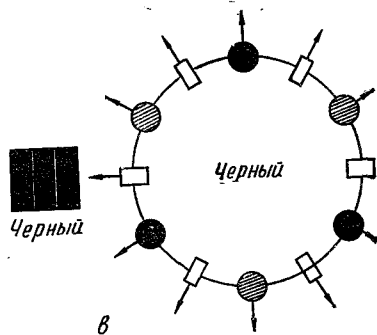
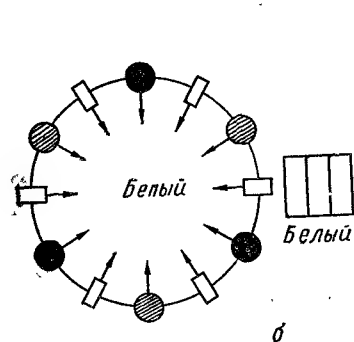
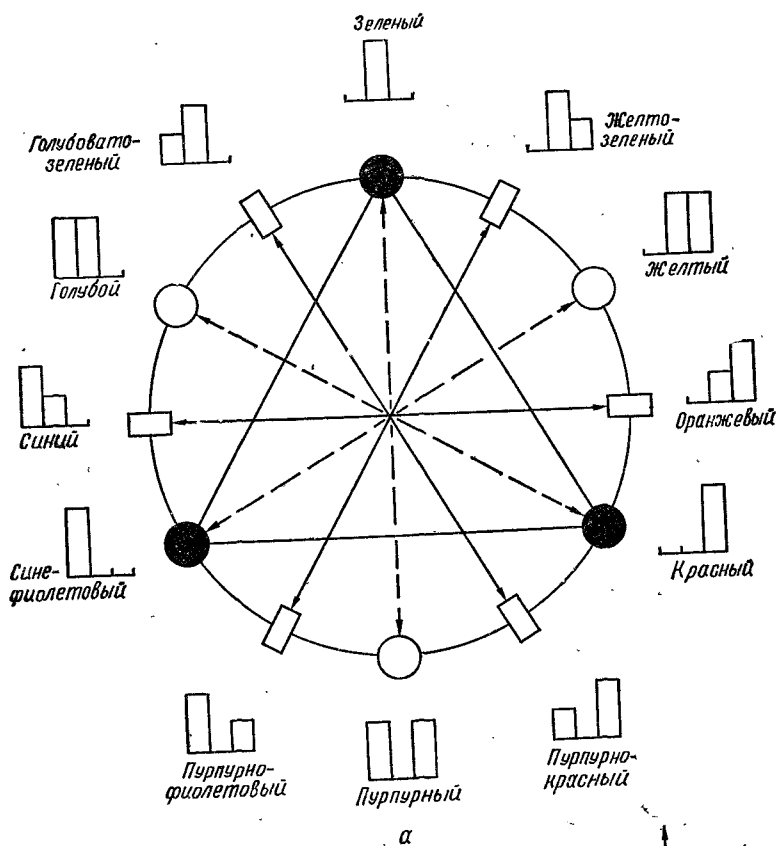
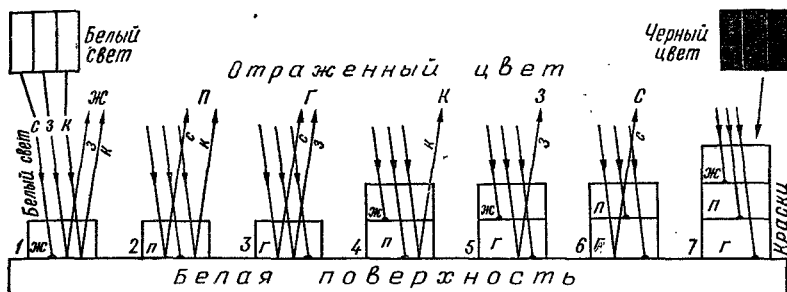


Рис. 103. Цветовой круг. Взаимодополнительные цвета расположены на противоположных концах диаметра

дающий в смеси ахроматический цвет (белый, серый, темно-серый).

Второй закон — два хроматических недополнительных цвета дают в сумме новый хроматический цвет, лежащий на цветовом круге между ними на малой дуге посередине. Например, смесь красного с желтым образует оранжевый цвет; смесь синего с пурпурно-красным — пурпуро-фиолетовый. На основе трехцветного зрения вытекают три следствия второго закона. Следствие первое — каждый ос-



а

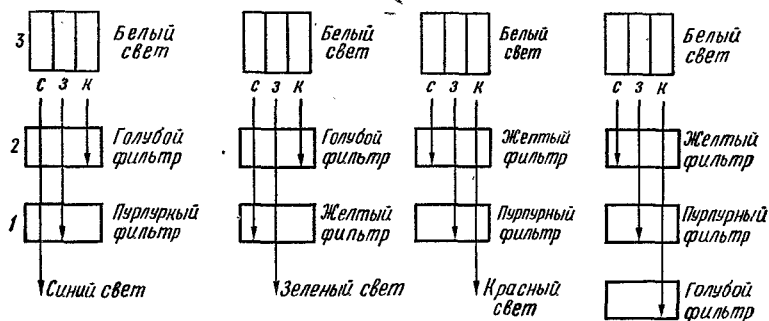


Рис. 104. Схема субтрактивного синтеза цветов посредством:

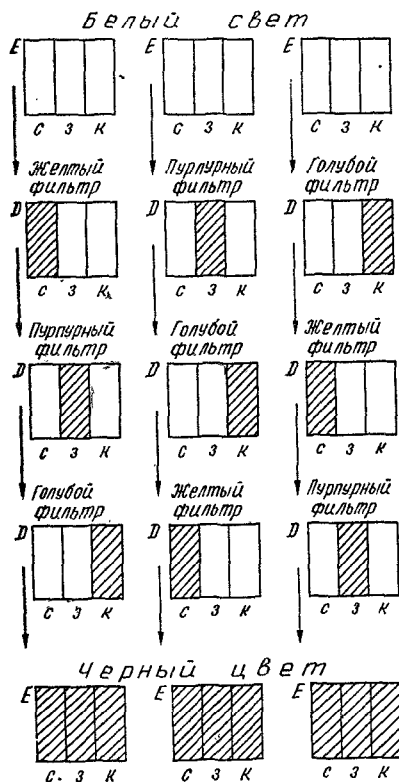
а — типографских красок; б — светофильтров

новной цвет по спектральному составу образован лучами одной трети части спектра. Следствие второе — любой заданный цвет можно получить смешением двух или трех основных цветов — сине-фиолетового, зеленого и красного. Следствие третье — основные цвета в равных количествах образуют ахроматический цвет.

Третий закон — результат аддитивного синтеза зависит только от цвета смешиваемых цветов, а не от их спектрального состава. Пример — белый цвет образуется смешением желтого и сине-фиолетового, взятых в виде либо монохроматических лучей, либо в виде света со сложным спектральным составом. Различие между ними выражается в степени насыщенности.

130. Субтрактивный синтез цвета основан на вычитании из проходящего белого света составляющих синего, зеленого или красного

цвета посредством светофильтров или красок дополнительных цветов — желтого, пурпурного и голубого (рис. 104). Субтрактивный синтез характерен смешением красок или красителей, а не смешением цветовых потоков, и результат определяется в большей степени поглощением одних лучей, чем пропусканием других. Поглощение регулируется изменением толщины или плотности краски (полиграфия), или красителя светофильтра (фотография), необходимой для воспроизведения требуемых цветов.



На рис. 104, а желтая прозрачная краска (прямоугольник 1 на белой поверхности) поглощает синие лучи и пропускает, с отражением от белой подложки, зеленые и красные, дающие в сумме желтый цвет. Смешанные друг с другом пурпурная и голубая краски (прямоугольники 6) поглощают соответственно зеленые и красные лучи и пропускают синие, отражаемые белой подложкой. Смешанные три краски (прямоугольники 7) равноинтенсивных дополнительных цветов дают в сумме черный цвет.

На рис. 104, б светофильтры 1 и 2 из проходящего белого света 3 вычитают (поглощают) цвета, дополнительные цвету фильтра. Два светофильтра вычитают из белого света два основных цвета и пропускают третий основной. Три светофильтра вычитают все три основных цвета и не пропускают ни одного.

На рис. 105 субтрактивный синтез показан зональными графиками: из белого света цветные

Рис. 105. Схема субтрактивного синтеза цветов: процесс вычитания, показанный зональными графиками

фильтры последовательно вычитают зональные цвета, в результате чего световой поток гасится (черный цвет).

Способы субтрактивного синтеза. Первый — получение цвета сложением цветных фильтров; второй — основан на получении цвета путем смешения красок в живописи, полиграфии и малярном деле, и красителей в растворах; третий — воспроизведение цвета освещением цветных поверхностей цветным светом, при котором поверхности как и светофильтры избирательно поглощают часть лучей падающего света и отражают результирующий.

131. Графические схемы определения цвета при аддитивном способе. Ориентировочную оценку результата смешения при синтезе и анализе цвета можно предварительно определить по начертательному соотношению спектральных зон основных и дополнительных цветов. Помощь в этом может оказать цветовой круг (рис. 103, а). Схема

определения состоит из двух строчек названий цветов. Под названием основного стоит соответствующее ему название дополнительного цвета. Для упрощения применяются первые буквы названий.

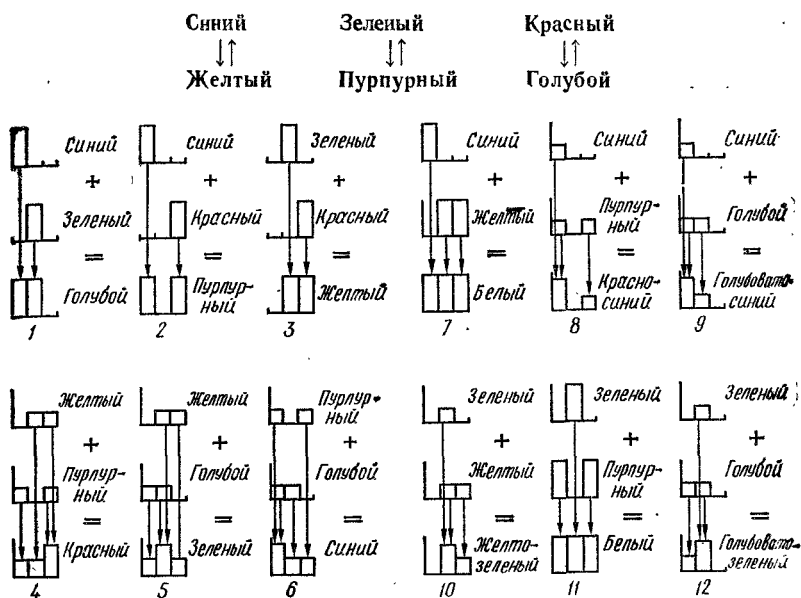
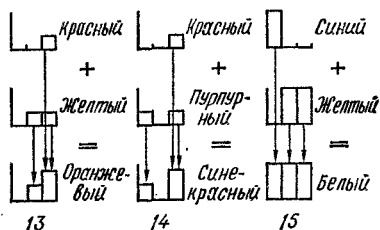
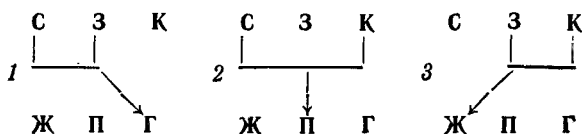


Рис. 106. Зональные схемы определения цвета

Белый цвет воспроизводится при смешении основных и дополнительных цветов, показанных на схеме стрелками. Графически смешение цветов показано на рис. 106 и обозначено цифрами с пояснениями в тексте.

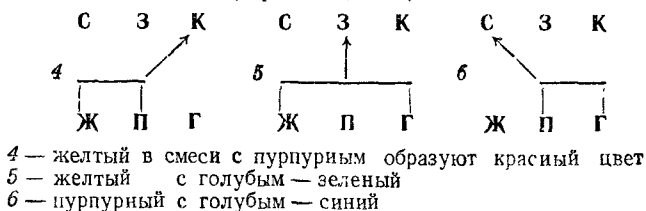


Схемы аддитивного образования основных цветов (к рис. 106, 1—3)



- 1 — синий в смеси с зеленым образуют голубой цвет
2 — синий с красным — пурпурный
3 — зеленый с красным — желтый

Схемы аддитивного образования дополнительных цветов
(к рис. 106, 4—6)



Зональные схемы аддитивного смешения основных и дополнительных цветов (к рис. 106, 7—15)

- 7 — синий + желтый = белый
- 8 — синий + пурпурный = красно-синий
- 9 — синий + голубой = голубовато-синий
- 10 — зеленый + желтый = желто-зеленый (салатовый)
- 11 — зеленый + пурпурный = белый
- 12 — зеленый + голубой = сине-зеленый (бирюзовый)
- 13 — красный + желтый = желто-красный (оранжевый)
- 14 — красный + пурпурный = сине-красный (малиновый)
- 15 — красный + голубой = белый.

132. Изменение цвета при сложении цветных слоев (светофильтров). Пропускание света характерно для прозрачных материалов, цветных и бесцветных. Выразить результат сложения можно через коэффициент пропускания τ или оптическую плотность D . Если совместить цветные слои или увеличить толщину единичного слоя, то общий коэффициент пропускания для каждой длины волны при этом равен коэффициенту пропускания единичного слоя в степени числа этих слоев: $\tau_{n\lambda} = \tau_{1\lambda}^n$, или произведению всех коэффициентов: $\tau_1 \tau_2, \dots, \tau_n$. Общая оптическая плотность совмещенных цветных слоев равна плотности единичного слоя, умноженной на количество этих слоев: $D_{n\lambda} = D_{1\lambda} n$, или сумме единичных плотностей.

При совмещении цветных слоев изменяется цветовой тон. Зональными графиками это представляется следующим образом. На рис. 107, а показано совмещение двух единичных голубых слоев неполной насыщенности, светлых, имеющих зональные коэффициенты пропускания зон: синей $\tau_{c1} = 0,9$; зеленой $\tau_{z1} = 0,5$ и красной $\tau_{k1} = 0,25$. Количество белого в составе данного цвета составляет 25 % (или 0,25 отн. ед.). При совмещении слоев зональные коэффициенты $\tau_{c2} = 0,9^2 = 0,81$ и $\tau_{z2} = 0,25^2 = 0,06$. После сложения слоев цвет стал темнее из-за меньшего пропускания света (увеличения плотности), насыщенность увеличилась, так как количество белого стало меньше, цветовой тон стал почти синим.

На рис. 107, б показано совмещение двух слоев примерно такого же голубого цвета, но выраженного зональными оптическими плотностями зон: синей $D_{c1} = 0,2$; зеленой $D_{z1} = 0,5$ и красной $D_{k1} = 1$. Сложение слоев увеличило общую плотность для лучей, дополнительных голубому цвету. Увеличение плотностей в каждой зоне в два раза уменьшило прохождение света (ориентировочно): в синей — в два раза, в зеленой — около четырех раз, а в красной — в десять. Результирующий цвет также стал почти синим.

Изменяя толщину светофильтров можно регулировать степень пропускания соответствующих лучей. Прозрачные в двух зонах спектра идеальные субтрактивные фильтры пропускают излучение третьей зоны в зависимости от количества их в наборе (рис. 107, а). Меняя толщину голубого фильтра (штрихи), можно регулировать пропускание красных лучей. Набором пурпурных фильтров изменяется пропускание зеленых лучей. Плотность желтых фильтров изменяет интенсивность проходящих синих лучей.

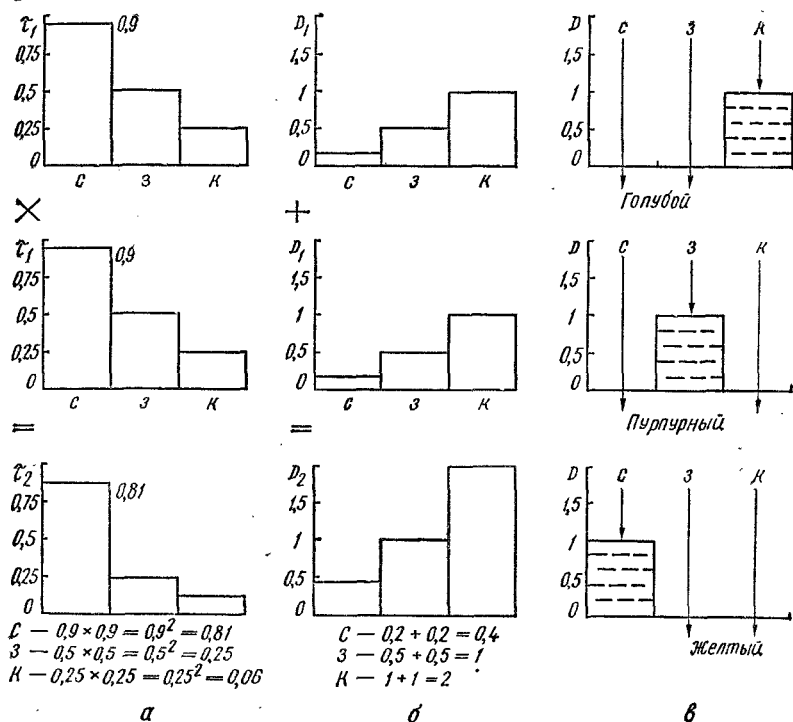


Рис. 107. Примеры изменения цвета при сложении единичных слоев (светофильтров) посредством зональных графиков:

а — перемножение зональных коэффициентов пропускания; б — сложение оптических плотностей; в — пропускание лучей одной зоны в зависимости от толщины слоя

Совмещение цветных слоев вызывает уменьшение светлоты (разбеленности) и в связи с этим увеличение насыщенности. Цветовой тон сдвигается в сторону лучей, имеющих наибольшее выделение, т. е. изменяется цветность проходящего света (приведенное характерно для субтрактивной цветной печати).

ЦВЕТОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

133. Методы и приборы измерения цвета. Качественные и количественные характеристики цветов в применении к освещению объекта, цветоведению и цветовоспроизведению оцениваются различными си-

стемами и методами в зависимости от особенностей и области применения. Существует два метода измерения цвета — субъективный, основанный на сравнении данного цвета с эталонными на красками в каталогах при стандартных условиях наблюдения, и объективный, выражающийся спектральными измерениями и математическими средствами. Во всех случаях применяется международный цветовой язык, утвержденный МОК. Вопросами измерения цвета занимается колориметрия, оценивающая количественную характеристику цвета как зрительного ощущения независимо от спектрального состава, и спектрофотометрия, определяющая спектральный состав, раскрывая физическую структуру света.

Приборы измерения цвета. Спектрофотометры — визуальные и фотометрические приборы, измеряющие коэффициенты пропускания и отражения света цветными телами. Измерения отдельных длин волн проводятся через определенные узкие промежутки спектра и по полу-

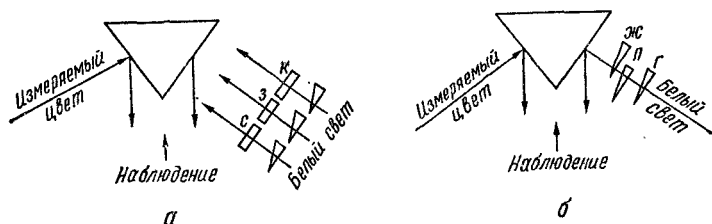


Рис. 108. Схемы аддитивного (а) и субтрактивного (б) колориметров

ченным данным строятся спектрофотометрические кривые. Точные измерения производятся в интервалах длин волн до 10 нм. Ориентировочные измерения цвета проводятся тремя точками в серединах спектральных зон и позволяют строить ориентировочные трехзональные графики. Точные спектрофотометрические кривые дают представление о цветности и светлоте, выражая спектральный состав данного цвета безотносительно к его яркости.

Колориметры служат для непосредственного измерения цвета и подразделяются на приборы с визуальным и фотоэлектрическим отсчетом. Визуальные колориметры характеризуются двумя полями сравнений (рис. 108). На одном поле располагается измеряемый цвет, а на другом, путем смещения трех основных «инструментальных» цветов, подбирается цвет, равный измеряемому. Необходимые для равенства полей величины яркостей инструментальных цветов составляют количественную характеристику цвета. Визуальные колориметры бывают аддитивными и субтрактивными. В аддитивных приборах измерительным инструментом являются три зональных светофильтра постоянной плотности (сине-фиолетовый, зеленый и красный) с расположением перед ними серых клиньев для регулировки проходящего света. В субтрактивных приборах применяются желтый, пурпурный и голубой светофильтры переменной плотности в виде цветных оптических клиньев.

Фотоэлектрические колориметры (рис. 109) являются цветометрами с настройкой на отдельные спектральные зоны и делятся на трехзональные и двухзональные. Для измерения цвета в таких приборах перед фотоэлементом (ФЭ) устанавливаются зональные светофильтры. Трехзональные колориметры-цветометры имеют сине-фиолетовый, зе-

лений и красный светофильтры и пригодны для измерения цвета любых тел и источников света. Двухзональные цветомеры с красным и сине-фиолетовым светофильтрами служат для оценки цветности излучения методом сине-красного отношения и пригодны для измерений цветофотографической температуры.

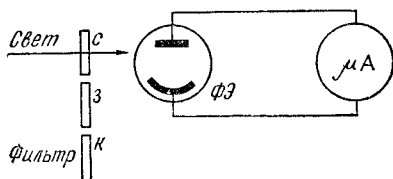


Рис. 109. Схема фотоэлектрического колориметра (цветомера)

134. Стандартный график МКО представляет собой *линию спектральных цветов (ЛСЦ)* и *прямую линию пурпурных цветов (ЛПЦ)*, построенных по системе *XYZ* в прямоугольной системе координат

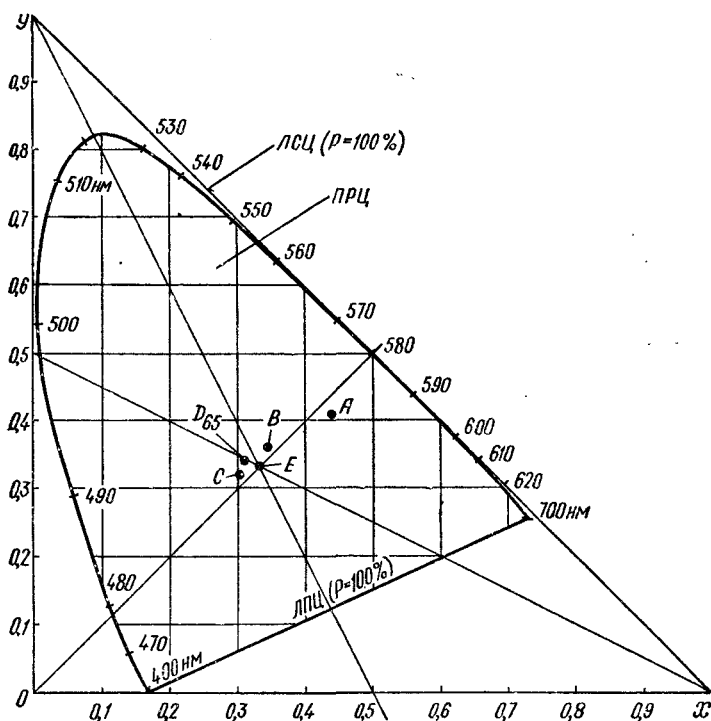


Рис. 110. Цветовой график МКО для равноэнергетического белого света *E*, выраженный в прямоугольной системе координат

(рис. 110). Обе линии ограничивают *площадь реальных цветов (ПРЦ)*. График рассчитан на определенные стандартные условия измерения и наблюдения цветов, основанные на кривой спектральной эффективности глаза «Стандартного наблюдателя» для стандартного белого равноэнергетического света типа *E*, через точку которого проходят биссектрисы углов графика. Все многообразие цветностей (цветового

тона и насыщенности) количественно выражено трехцветными коэффициентами x , y , z — тремя относительными цифрами, выражающими долю соответственно красного, зеленого и синего цвета в соотношении $x + y + z = 1$. При известных двух коэффициентах третий определяется из разности чисел.

По оси абсцисс откладывается доля красного цвета x , по оси ординат — доля зеленого y . Цветности различной насыщенности P располагаются на прямой линии, соединяющей цветовой тон в наномет-

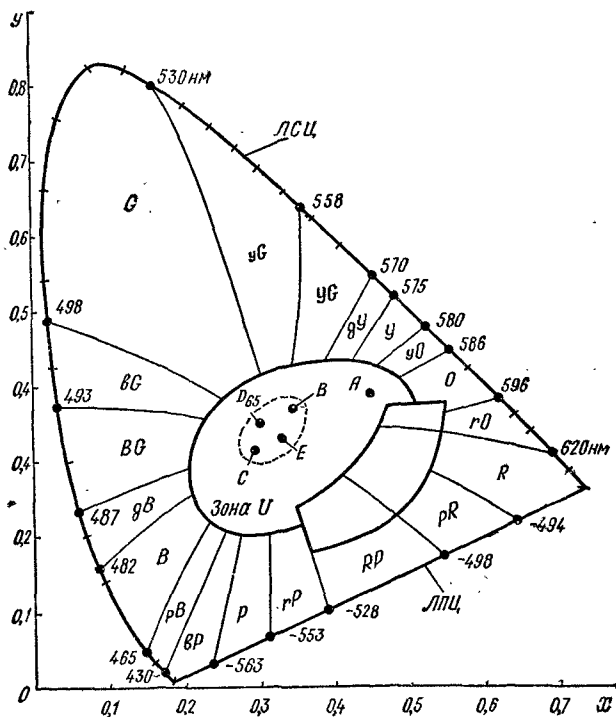


Рис. 111. Карта цветов световых потоков на графике МКО

рах на линии ЛСЦ или ЛПЦ ($P = 100\%$) с точкой равноэнергетического (гипотетического) белого света E ($P = 0\%$). Эта точка с равными долями трех цветов: $x = 0,33$; $y = 0,33$ и $z = 1 - 0,33 - 0,33 = 0,33$ располагается в центре тяжести прямоугольного треугольника. Другие виды белого света (A , B , C и D) имеют другие координаты цветности (139, 140).

135. Определение цветов на графике МКО (по Келли). При разделении площади реальных цветов на цветовые зоны (рис. 111) график МКО служит картой цветов (136). Длины волн вдоль линии ЛПЦ показывают ориентировочные границы раздела ощущаемых спектральных цветностей. Все цветовые зоны ограничиваются линиями, исходящими из точки источника S . Зоны обозначают интервалы по цветовому тону. Центральная зона U не имеет названия, поскольку охватывает

сильно разбеленные цвета с трудно уловимыми оттенками. К этой зоне относится излучение типа *A*. В центре зоны *U* расположена ахроматическая зона или зона белого света, ограниченная штриховой линией. К этой зоне отнесены источники типа *B*, *C*, *D* и *E*.

Большая площадь зоны зеленого цвета *G*, относительно красной зоны *R*, не показывает преобладание зеленых цветов, а характеризует графический недостаток цветового графика.

136. Наименование цветов по графику МКО. Цвета обозначены первыми буквами латинских названий: цветовой тон — прописной, а цветной оттенок строчной (например, *aP* — *blau-Purpur* — синевато-фиолетовый). Отрицательными числами обозначены неспектральные цвета.

Спектральные цвета в диапазонах длин волн, нм

Фиолетовый (синевато-пурпурный)	<i>bP</i>	380	...—563
Сине-фиолетовый (пурпурно-синий)	<i>pB</i>	430	... 465
Синий	<i>B</i>	465	... 482
Зеленовато-синий	<i>gB</i>	482	... 487
Сине-зеленый	<i>BG</i>	487	... 493
Синевато-зеленый	<i>bg</i>	493	... 498
Зеленый	<i>G</i>	490	... 530
Желтовато-зеленый	<i>yG</i>	530	... 558
Желто-зеленый	<i>YG</i>	558	... 570
Зеленовато-желтый	<i>gY</i>	570	... 575
Желтый	<i>Y</i>	575	... 580
Желтовато-оранжевый	<i>yO</i>	580	... 586
Оранжевый	<i>O</i>	586	... 596
Красновато-оранжевый	<i>rO</i>	596	... 620
Красный	<i>R</i>	620	... 680

Неспектральные цвета в диапазонах длин волн, нм

Красный	<i>R</i>	(—492) ... (—494)
Оранжево-розовый	<i>OPk</i>	разбеленный
Розовый	<i>Pk</i>	разбеленный
Пурпурновато-красный	<i>pR</i>	(—494) ... (—498)
Пурпурновато-розовый	<i>pPk</i>	разбеленный
Красно-пурпурный	<i>RP</i>	(—498) ... (—528)
Красновато-пурпурный	<i>rP</i>	(—528) ... (—553)
Пурпурный	<i>P</i>	(—553) ... (—563)
Синевато-пурпурный	<i>bP</i>	(—563) ... (—380)

137. Определение параметров цвета по графику МКО (цветового тона и насыщенности). При заданных координатах цвета, например $x = 0,45$; $y = 0,34$, на графике (рис. 112) определяется местонахождение точки *Q*. При выбранном источнике света, например типа *C* ($x = 0,3101$; $y = 0,3162$), проводится прямая линия между *C* и *Q* и продолжается до пересечения с кривой ЛСЦ в точке *M*, показывающей, что заданный цвет — спектральный с длиной волны 597 нм, соответствующей красновато-оранжевому цвету *rO* (136). Продолжение линии *QC* штрихами до пересечения с другой стороной ЛСЦ в точке *N* указывает на длину волны 488 нм дополнительного сине-зеленого цвета *BG* (рис. 111).

Насыщенность *P* с достаточной для практики точностью определяется отношением линейных длин сплошных отрезков в миллиметрах:

основного отрезка CQ к длине отрезка CM . Отношение отрезков $CQ : CM$ в миллиметрах на данном рисунке составляет $16 : 31 = 0,49$ или 49 % чистоты цвета (насыщенности P).

Параметры заданного цвета при источнике белого света A с $T_{\text{цф}} = 2850 \text{ K}$ ($x = 0,44$; $y = 0,4$) определяются аналогично: проводится прямая между точками A и Q . Ее продолжение сплошной прямой до линии ЛПЦ в точке F указывает на принадлежность определяемого цвета к неспектральному без определения длины волны. Продолжение

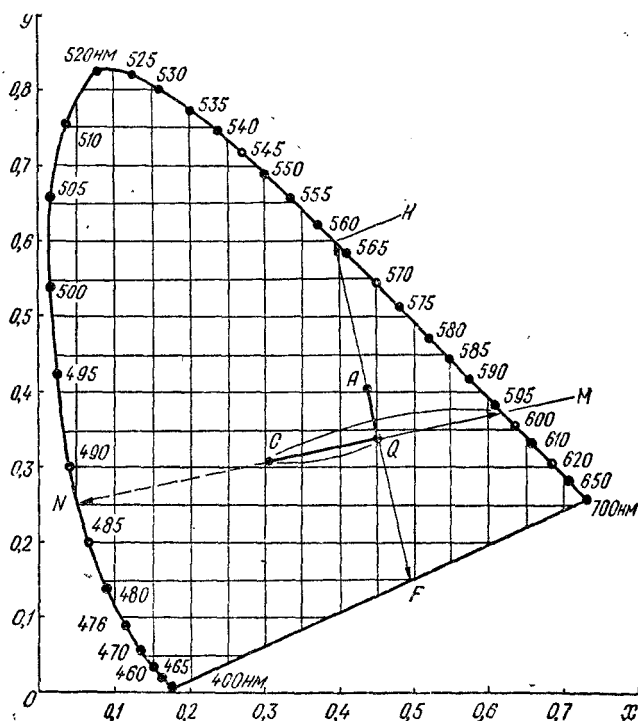


Рис. 112. Пример определения параметров цвета по графику МКО (137)

прямой AQ штрихами до линии ЛСЦ в точке H определяет длину волны — 563 нм неспектрального (знак минус) цвета соответствующего синевато-пурпурному $вР$ (136).

138. Применение графика МКО в каталогах светофильтров. График цвета МКО наглядно иллюстрирует зависимость цвета фильтра от толщины стекла. На рис. 113 прямые и кривые линии характеризуют цветность светофильтров (цветных стекол) в зависимости от толщины в миллиметрах (цифры возле точек). Для определения цветовой характеристики светофильтра надо из точки белого света (например излучения B , 4874 K) провести прямую через точку фильтра определенной толщины в миллиметрах до пересечения с линией ЛСЦ или ЛПЦ. Например, для фильтра ПСЗ прямая от источника света B пересекает все точки фильтра и линию пурпурных цветов в месте (—563) — (—380) нм,

то проводят прямые из точки C и его цвет при толщине стекла 0,5 мм становится светлым красно-пурпурным RP , а при 3 мм — плотным синевато-пурпурным $вP$ (135, 136, 137).

139. Цветографическая температура на графике МКО (рис. 114). Изменение цветности Черного тела при повышении его температуры

выражается на графике МКО плавной кривой, исходящей из линии спектральных цветов с малыми цветовыми температурами красной области спектра, в сторону высоких температур синей области спектра. Для сравнения приводятся цветности стандартных источников света (черные кружочки). Все цветности излучений ЧТ, лежащие на кривой

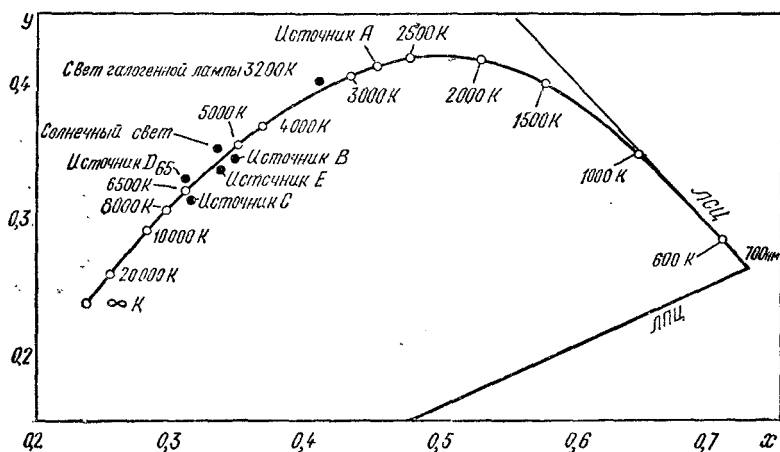


Рис. 114. Область цветового графика МКО с кривой температур ЧТ

и близко от нее, обозначены $T_{цф}$, К и могут быть определены трехцветными коэффициентами x , y , z .

По относительным величинам трех коэффициентов возможно построение зонального графика цвета, в котором цветовые зоны характеризуются коэффициентами: красная — x , зеленая — y и синяя — z

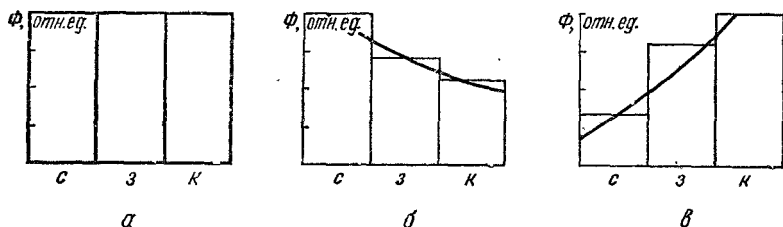


Рис. 115. Зональные графики излучений, найденных по кривой ЧТ (139): а — источника света Е; б — источника света А; в — голубого неба с $T_{цф} = 10000$ К

(134). Например, излучение с равноэнергетическим спектром Е, имеющее приведенную $T_{цф} = 5400$ К и координаты цветности $x = 0,33$; $y = 0,33$ и $z = 0,33$, выражается равными цветовыми зонами (рис. 115, а). Излучение типа А с $T_{цф} = 2850$ К (лампа накаливания) имеет координаты цветности $x = 0,45$; $y = 0,4$ и $z = 1 - 0,45 - 0,4 = 0,15$. Приняв наибольшую величину $x = 0,45$ за относительную единицу, простым соотношением получаем относительные вели-

чины цветовых зон — синей 0,33, зеленой 0,85 и красной 1, приведенные на рис. 115, б.

Голубой цвет неба с $T_{\text{цф}} = 10\,000\text{ К}$ имеет координаты $x = 0,27$; $y = 0,3$ и $z = 1 - 0,27 - 0,3 = 0,43$. Приведя координату z как наибольшую величину к условной единице, получаем соотношение цветовых зон — $s = 1$, $z = 0,7$ и $k = 0,65$ (рис. 115, в).

140. Координаты цветности некоторых источников излучений.

	x	y	$T_{\text{цф}}, \text{ К}$
Излучение типа A	0,4476	0,4075	2850
» » B	0,3484	0,3516	4874*
» » C	0,3101	0,3162	6774
» » D_{65}	0,3127	0,3920	6504*
Прямой солнечный свет	0,3362	0,3502	5335
Свет пасмурного дня	0,3134	0,3275	6500
Свет северного неба	0,2773	0,2934	10 000
Излучение типа E	0,333	0,333	5400**

* Приведенное значение (15).

** Гипотетическое значение.

141. Координаты цветности излучения Черного тела

$T_{\text{цф}}, \text{ К}$	x	y	z	$\lambda, \text{ нм}$	P
600	0,725	0,280	0,015	620	0,98
1000	0,640	0,340	0,20	600	0,95
1500	0,557	0,380	0,063	595	0,90
2000	0,527	0,415	0,058	588	0,86
2500	0,476	0,413	0,111	585	0,73
2850	0,447	0,407	0,146	583	0,61
3000	0,438	0,404	0,160	582	0,61
3500	0,404	0,391	0,205	580	0,48
4000	0,378	0,370	0,246	578	0,35
4500	0,3	0,364	0,276	578	0,24
5000	0,345	0,353	0,302	570	0,15
5500	0,332	0,343	0,325	550	0,05
6000	0,321	0,334	0,345	494	0,04
6500	0,312	0,326	0,362	488	0,05
7000	0,305	0,318	0,377	485	0,07
7500	0,299	0,311	0,390	483	0,08
8000	0,294	0,305	0,401	482	0,08
8500	0,290	0,299	0,411	481	0,09
9000	0,286	0,294	0,420	480	0,09
9500	0,282	0,289	0,429	479	0,1
10 000	0,278	0,284	0,438	479	0,1
12 000	0,278	0,284	0,438	479	0,1
14 000	0,266	0,270	0,464	478	0,12
16 000	0,262	0,265	0,473	478	0,13
18 000	0,258	0,261	0,481	478	0,14
20 000	0,256	0,259	0,485	478	0,15
25 000	0,253	0,254	0,493	477	0,15
30 000	0,250	0,250	0,5	477	0,15

ЦВЕТ ОБЪЕКТА СЪЕМКИ

142. Цвет окраски и цвет отражения предмета. Цвет поверхности предмета зависит от цветности освещения и имеет двойственное определение. Первое — *цвет окраски* — это обусловленный физической структурой цвет предмета при освещении его со всех сторон белым светом (типа *C* или *D*). Второе — *цвет отражения* предмета — это цвет, зависящий от цвета окраски и цветности освещающего света. При съемке всегда должен учитываться цвет-отражения предмета, воспроизводимый цветностью освещения. Примером может служить белая бумага, освещенная зеленым светом. Бумага имеет цвет окраски белый, а цвет ее отражения при освещении зеленым светом — зеленый. Если бу-

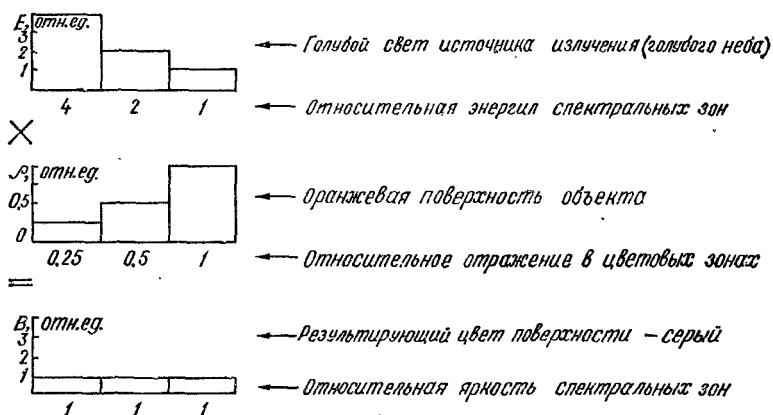


Рис. 116. Пример освещения лица человека цветом голубого неба в спектральном отображении. Цифрами указана относительная количественная характеристика цветовых зон каждого графика

мага с красным цветом окраски освещена синим светом, то цвет ее отражения воспринимается черным (143). При освещении белой бумаги белым светом цвет отражения совпадает с цветом окраски.

Цвет отражения объекта может быть образован разнообразным окружающим освещением: белым светом, белым и цветным светом, различным цветным светом и рефлексным светом от окружающих предметов. Неравномерное по силе и цветности освещение ведет к образованию на объекте различных цветов и оттенков с неравномерной яркостью. Предвидеть результирующий цвет объекта можно при известном цвете окраски поверхностей и цвете освещения.

143. Цвет цветных поверхностей при цветном освещении. Белые и серые поверхности с равномерным спектром отражения при цветном освещении способны создавать наибольшее разнообразие цветовых тонов. Значительно меньшее разнообразие при цветном освещении дают цветные поверхности. Результирующий цвет может быть практически точно определен по спектральным кривым цветного освещения и окраски предмета. Для получения результирующего цвета B_{λ} (яркость предмета в зависимости от освещенности) следует перемножить точки кривых излучения E_{λ} на соответствующие спектральные точки кривых отражения ρ_{λ} для каждой длины (рис. 116). На рисунке перемножаются относительные спектрально-зональные величины; для синей зоны —

$4E \times 0,25\rho = 1 B$; для зеленой зоны — $2E \times 0,5\rho = 1 B$; для красной зоны — $1E \times \rho = 1B$. Результирующий цвет поверхности серый. Пример приведен для случая освещения светом, например, голубого неба оранжевой поверхности (например, лица человека). В случае освещения оранжевым светом (лампы накаливания) голубой поверхности (ткани или фона) с подобными относительными спектральными величинами, результат остается прежним — серый цвет отражения. Примеры характерны для взаимодополнительных цветов.

Цвета поверхностей насыщенных цветов с преимущественно зональным отражением при цветном одноименном освещении почти не изменяются по цветовому тону. Отсутствие у них отражения в двух других зонах или малая его величина резко ограничивает возможность цветовых изменений. Например, насыщенный красный цвет поверхности при красном освещении может быть только красным, а при освещении зеленым или синим светом — только черным, так как красная поверхность, поглощая зеленые и красные лучи, не отражает красные (рис. 117, а). Пурпурная поверхность поглощает зеленые лучи и отражает синие и красные. При освещении зеленым светом пурпурная поверхность также выглядит черной (рис. 117, б). Освещаемая красным светом синяя поверхность, поглощая зеленые и красные лучи (рис. 117, в), воспринимается также черной.

Источники света с двухзональным излучением, освещающие насыщенные цветные поверхности, дают относительно насыщенные разнообразные цвета. Желтый свет, освещающий зеленую поверхность, воспроизводит на ней зеленый цвет (рис. 117, г), поскольку зеленая поверхность вычитает (поглощает) красную составляющую желтого света и отражает зеленую. При освещении красной поверхности желтым светом воспроизводится красный цвет, поскольку поверхность поглощает только зеленую составляющую света и отражает красную (рис. 117, д). Голубой свет источника создает зеленый цвет на желтой поверхности, поглощающей синие лучи (рис. 117, е).

Поверхности ненасыщенных (разбеленных) цветов обладают некоторой избирательностью. Например, слабонасыщенные желтые краски могут выглядеть синими различной степени светлоты при синем освещении за счет существующего у них отражения в зеленой зоне (рис. 117, ж, з). Светлый малиновый цвет, освещаясь желтым светом, выглядит насыщенным оранжевым цветом (рис. 117, и).

144. Цветные тени при цветном освещении. При освещении предмета одновременно белым и цветным светом на белой поверхности под предметом образуются цветные тени (рис. 118). При наблюдении цвет тени А, отброшенной от цветного света, будет дополнительным цвету источника. При красном освещении тень ощущается зрением голубой (при зеленом — пурпурной, при синем свете — желтой и аналогично при противоположных соотношениях). Участок А, освещаемый белым светом, должен был быть белым, однако окружающая его площадь, освещенная красным светом, создает на нем иллюзию голубого цвета, основанную на явлении одновременного цветового контраста (152), характерную для зрения. Фотопленка воспринимает отраженные цвета иначе, цвет тени А для пленки — белый.

145. Действие цвета рефлексов. Окружающие объект съемки предметы под действием прямого излучения, в зависимости от спектральной характеристики окраски, отражают собственный цветной свет, называемый рефлексным (вторичным). Общий воздействующий на объект свет определяется суммой рефлексных и прямых излучений, изменяющих цвет объекта по способу аддитивного синтеза.

На рис. 119 показан пример неудачного освещения, встречающийся в съемочной практике. Объект съемки расположен между двумя

разноцветными поверхностями. Синяя поверхность имитирует излучение синего неба, зеленая — цвет окружающей зелени. К прямому белому свету, освещающему лицо человека, добавляется рефлексный свет. Спектрональные кривые на рисунке показывают результат аддитивного смешения на лице человека потоков рефлексного и прямого света. Под воздействием синего рефлексного света слева левая сторона лица человека воспринимается пурпурно-фиолетовой. Под воздействием зеленого света справа правая часть лица принимает желто-зеленый цвет. Степень выражения результирующего цветового тона на обеих сторонах лица определяется расстоянием до источников цвет-

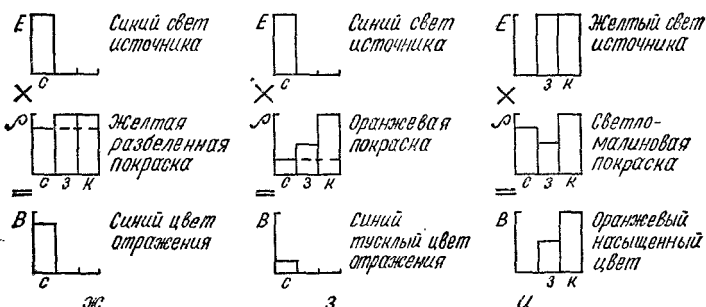
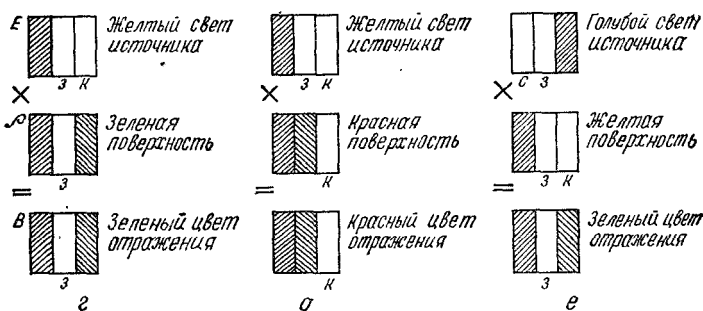
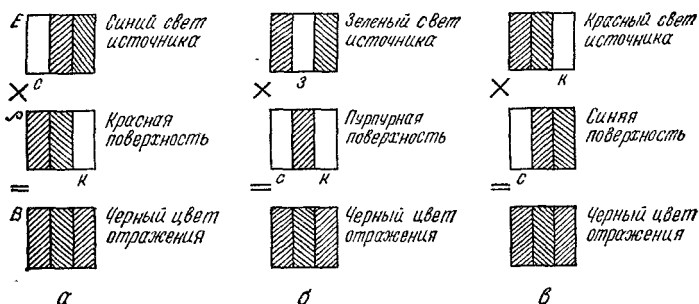


Рис. 117. Цветозональное выражение субтрактивного синтеза

ных излучений, их интенсивностью и углом воздействия прямого и рефлексного излучений.

146. Характеристика красящих веществ и типовые кривые. *Пигменты* — это тонкие порошки различных цветов неорганического происхождения нерастворимые в жидкостях и окрашиваемых материалах; применяются при изготовлении малярных и других красок для окрашивания пластмасс, бумаги, резины и других материалов. *Красители* — цветные органические соединения, растворимые в жидкостях с образованием прозрачных красящих растворов; в фотографии применяются для производства цветного стекла и синтеза цветных изображений. Спектральные кривые красителей можно обобщить и отнести к пяти основным типам, отличающимся характерными особенностями.

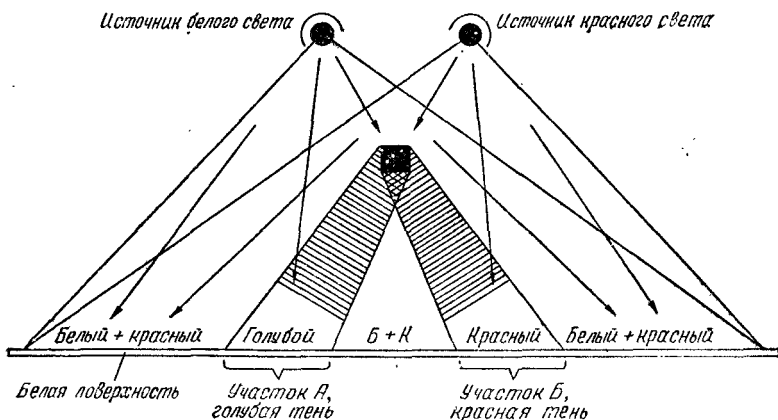


Рис. 118. Пример зрительного восприятия цветных теней при цветном освещении

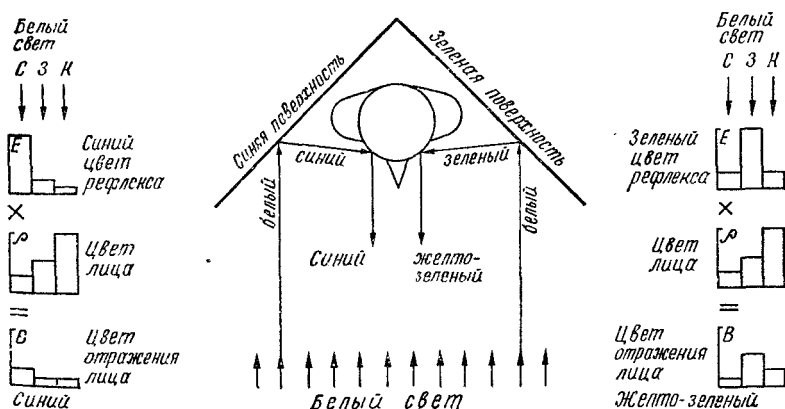


Рис. 119. Схема получения рефлексного света и его воздействия на цвет объекта

Первый тип спектральных красок — кривые желтых, оранжевых и красных красителей, имеющие высокий максимум кривой и резкий спад в сторону синей области спектра (рис. 120, а). Их характерная особенность выражается в крутизне спада, приближающейся к вертикальной линии. Красители с такой характеристикой применяются в основном для светофильтров, выделяющих отдельные участки спектра.

Второй тип — спектральные кривые зеленых красителей, характерные подъемом в зеленой зоне и пологими спадами к концам спектра (рис. 120, б).

Третий тип — кривые голубых и синих красителей, имеющих пологую характеристику с максимумом в синей зоне спектра (рис. 120, в). Кривые некоторых таких красителей имеют небольшой подъем в дальней красной части спектра.

Четвертый тип — кривые пурпурных красителей, отличающиеся двумя выраженными подъемами в синей и красной зоне спектра (рис. 120, г). Характерные особенности: часть кривой в синей зоне имеет пологий спад к середине спектра, от красной зоны кривая спадает к середине круто, пропуская в красной зоне выше чем в синей (недостаток в трехцветном субтрактивном фотографическом процессе).

Пятый тип — горизонтальные кривые серых красителей с небольшим отклонением от прямой линии (рис. 120, д). Волнистость кривой создает слегка выраженный хроматический оттенок.

147. Цвета типичных объектов съемки. Цвет голубого неба (рис. 121, а) характерен отношением количества света зон синей, зеленой и красной примерно как 4 : 2 : 1. Такое соотношение энергий соответствует цветофотографической температуре ориентировочно 10 000—12 000 К и является дополнительным цветом ламп накаливания и среднему цвету лица человека.

Цвет ламп накаливания (рис. 121, б) имеет типичную цветофотографическую температуру 2800—3000 К. Отношение энергий в синей, зеленой и красной зонах спектра примерно 1 : 2 : 4. По характеру спектрального распределения цвет ламп накаливания обратен цвету голубого неба и по отношению к нему является дополнительным.

Цвет лица человека средний. Спектральная кривая приближается к типу кривой оранжевого цвета (рис. 121, в). Средняя светлота лица примерно 30—35 % (предельная не более 40 %, минимальная — порядка 10 %). Пологая форма кривой соответствует малой насыщенности цвета, выраженный максимум расположен в зеленой зоне спектра. Степень разбелки (состав серого) — 20 %. Эта особенность цвета лица характерна при цветной съемке, когда малая насыщенность и относительно большое содержание серого критичны к появлению цветовых оттенков*.

Цвет природной зелени (рис. 121, г) изменчив и разнообразен. Его параметры характерны отклонением от цветового тона (светло-зеленый, зеленый и другие оттенки), насыщенности (бледный, густой) и светлоты (светлый, темный). Максимум отражения в зеленой зоне не превышает $\rho = 0,2$. В спектре имеется резкий подъем в инфракрасной области примерно до $\rho = 0,8$. Такая особенность природной зелени позволяет выделять растения белым светом при съемках на инфра-светочувствительных материалах.

* По характеру спектрального распределения цвет среднего лица человека ориентировочно соразмерен с цветом ламп накаливания и является дополнительным к цвету голубого неба. Эта особенность выражается в изображении серого цвета лица, освещенного светом голубого неба (в тени от Солнца) при съемке на цветные фотоматериалы.

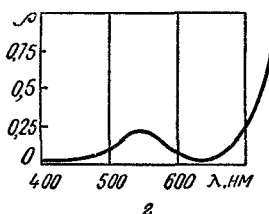
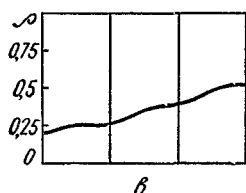
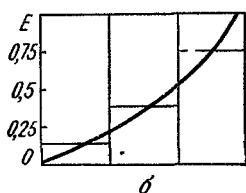
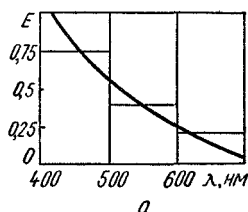
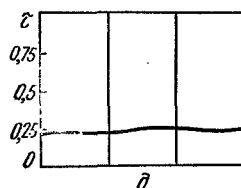
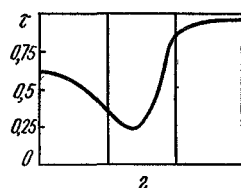
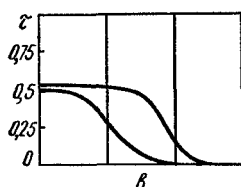
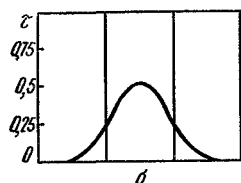
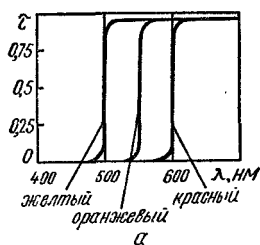


Рис. 120. Типичные кривые красителей:

а — желтого, оранжевого и красного; б — зеленого; в — голубого и синего; г — пурпурного; д — серого

Рис. 121. Спектральные кривые отражения типичных объектов съемки:

а — голубого неба; б — ламп накаливания мощностью до 500 Вт; в — лица человека; г — натурной зелени

ЦВЕТОВОСПРИЯТИЕ

148. Ощущение и восприятие цвета. В процессе съемки объекта и воспроизведения его изображения работа с цветом зависит от многих условий, факторы которых воздействуют на зрительное ощущение и восприятие.

Ощущение цвета — это физиологический процесс, возникающий при возбуждении сетчатки глаза электромагнитным излучением видимого света. Изолированный от окружающих предметов, цвет ощущается зрением без связи с сознанием, чем исключается способность к распознаванию предметных образов. В качестве примера ощущение единичного цвета можно воспроизвести при рассматривании его через узкое отверстие заграждающего экрана, изолирующего зрение от вторичных признаков — света, тени, фактуры поверхности и от окружающих предметов. В данном случае цвет ощущается как электромагнитное излучение без его принадлежности к определенному предмету и освещению.

Восприятие цвета — это психологическое ощущение, связанное со зрительной памятью в распознавании образов. При наблюдении конкретного цвета в окружении других предметов и цветов на основе жизненного опыта и памяти возникает комплекс психологических ощущений, обуславливающий реальное восприятие данного цвета.

149. Метамерные цвета и спектры. Визуально одинаковые цвета, имеющие различный спектральный состав, называются метамерными (визуально неразличимыми). При определенных пропорциях смесь зеленого и красного лучей может не отличаться от смеси желтого с желто-зеленым и оранжевым. Могут быть одинаковыми по цвету смеси красного с голубым и оранжевого с синим. Метамерность уменьшается с увеличением насыщенности цвета, характеризующей преобладание в смеси одного цветового тона над другими. Метамерностью обладают все ахроматические цвета, поскольку их можно воспроизводить наибольшей комбинацией различных цветовых составляющих.

150. Недостатки адаптации глаза при съемке. Субъективная оценка яркости цветов объекта при съемке без экспонометра характерна недостатками адаптации глаза, вносящими ошибки в визуальное определение количества света. Длительная работа с низкими освещенностями повышает чувствительность глаза к свету (*темновая адаптация*), приводит к визуальной переоценке яркостей высших светлот объекта и утрате визуальной градации в тенях. *Световая адаптация* притупляет чувствительность глаза к свету (слепимость), ведет к падению различительной способности деталей высших яркостей и полностью исключает распознавание яркостей низших светлот. При чрезмерно ярком или слепящем свете цвета кажутся сильно разбеленными, менее насыщенными, а слабонасыщенные цвета ощущаются белыми. Зрению нельзя долго воспринимать большие яркости и находиться длительное время при слабом свете. Наилучшим условием визуального восприятия является адаптация к средним освещенностям в окружении среднесерых поверхностей с $\rho = 0,2$. С целью оптимального решения при восприятии яркостей следует стены фотолaborаторий, особенно предназначенных для цветных фоторабот, окрашивать в среднесерый цвет. В таких условиях среднее адаптированный глаз наилучшим образом определяет интервал яркостей объекта и определяет цвет.

Цветовая адаптация характерна приспособлением к длительному восприятию окружающего освещения. В зрительной системе переработка информации о цвете предмета (трансформация цвета) производится с целью противостоять изменениям окружающего освещения в течение дня и обеспечивать константное узнавание окраски види-

мых предметов (константность цветовосприятия). Глаз информирует человека не о спектральном составе света, отраженного от предмета, а о самом этом предмете, и цветовые ощущения связываются (коррелируют) с его окраской при среднем белом свете, поэтому при ином окружающем освещении зрение «вводит поправку» и цвет предмета воспринимается неизменным.

Визуальное определение яркостей и цвета без учета явлений адаптации приводит к неправильной экспонетрической оценке объекта, нарушающей его тоно- и цветовоспроизведение. Нанлучшая различительная способность глаза к свету и цвету выявляется при средних освещенностях — от 200 до 2000 лк и свете с $T_{\text{цв}} = 5500$ К.

151. Ощущение прироста яркости. Зрительный анализ интервала яркостей объекта при съемке характерен особенностью ощущения величин прироста этих яркостей. Для ощущения изменения яркости важна не абсолютная величина ее прироста, а относительная. Чтобы зрительные субъективные ощущения яркости изменялись на одну и ту же величину (в арифметической прогрессии), необходимо объективные величины яркости изменять в одно и то же число раз (в геометрической прогрессии). К примеру, если яркости величиной в 1 и 100 отн. ед. (соотношение 1 : 100) увеличить на две единицы, то при одинаковом абсолютном их приросте на две единицы относительный прирост составит для первой яркости 200 %, для второй 2 %. Изменение первой яркости для зрения будет ощутимым (3 вместо 1), второй — незаметным (102 вместо 100). Соотношение между ними (контраст) изменится и вместо 1 : 100 составит 1 : 34.

Если первую и вторую яркость увеличить не на две величины, а в два раза ($1 \times 2 = 2$ и $100 \times 2 = 200$ отн. ед.), то соотношение между ними останется прежним — 1 : 100. Практически это определяет неизменность относительного контраста яркостей при смене освещенности, ощущаемого одинаково как, например, в соотношении яркостей 2, 4, 8, так и в соотношении 100, 200, 400.

Изменение яркости в геометрической прогрессии создает так называемый *равноступенный ряд яркостей*, воздействие которого на фотослой вызывает равные приросты воспроизводимых оптических плотностей, а на глаз — равные приросты ощущения яркости. Равноступенный ряд яркостей применяется в сенситометрии для испытания фотоматериалов (серый оптический клин) и в экспонетрии для определения оптимальных условий съемки и обработки (серая шкала). Различная чувствительность разноадаптированного глаза при разных величинах освещенности влияет на ощущение прироста яркости. Наименьший различимый прирост яркости в тенях составляет 25 %, в светах — 5 %. Освещение объектов и оценка их яркостей критичны при экспонетрической подготовке, влияющей на конечный результат тоно- и цветовоспроизведения.

152. Цветовой контраст — это явление кажущихся цветов, воспринимаемое зрением при их соседстве друг с другом. Различается два вида соседства—цветов в пространстве (при рассматривании в картинной плоскости двух рядом соприкасающихся цветов одновременно) и цветов во времени (последовательное рассматривание цветов через относительные промежутки времени). Первое соседство создает *одновременный*, а второе — *последовательный контрасты цветов*, разделяющиеся на яркостный (светлотный) и хроматический. Яркостный контраст выражается кажущимся изменением цветового тона и насыщенности. При соприкосновении цветов наблюдается краевой контраст, выражающийся в кажущемся изменении цвета у границ их соприкосновения.

Одновременный яркостный контраст цветов. Темные цвета рядом со светлыми ощущаются более темными, а светлые рядом с темными — более светлыми в зависимости от площади тех и других. Большой контраст, наблюдаемый у границ соприкосновения темного и белого, создает иллюзию вогнутости или выпуклости плоских поверхностей. Это создает восприятие неравномерности тона окрашенных плоскостей. Если расположить рядом равномерно окрашенные поля разной светлоты (например, равноступенную серую шкалу), то этот ряд полей может восприниматься как желобчатая пилястра.

Одновременный хроматический контраст цветов выражается в изменении цветового тона и насыщенности одного цвета, наложенного на фон другого. Наложенный воспринимается как цвет, дополнительный к цвету фона. Особенно эффектно ощущается дополнительный к фону цвет на белых или серых цветах, расположенных на цветном фоне. Серый цвет на красном фоне воспринимается голубым, на зеленом — пурпурным, на синем — желтым. Если какой-либо цвет размещается на фоне дополнительного ему цвета, то первый цвет ощущается более насыщенным. Синий цвет на желтом фоне или красный на голубом ощущаются более насыщенными, чем вне фона.

Последовательный цветовой контраст характерен появлением в глазу (некоторое время после наблюдения) цвета его остаточного ощущения — последовательного цветового образа, вносящего изменения в другие наблюдаемые цвета. Если остаточный цветовой образ имеет одинаковый с наблюдаемым цвет, то он называется последовательным положительным цветовым образом. Если остаточный цветовой образ имеет дополнительный к наблюдаемому цвет, то он называется последовательным отрицательным цветовым образом. Это явление чаще всего проявляется при наблюдении ярких цветных пятен. Сохраняющийся некоторое время их цвет (основной или дополнительный) накладывается на другие цветовые ощущения, что вызывает цветовые зрительные изменения.

При наблюдении ярко-красного цвета в глазу может возникнуть положительный последовательный образ (красного цвета) и при переносе взгляда на другой, например зеленый цвет, вызвать ощущение нового цвета (оранжевого или желто-зеленого, в зависимости от уровня остаточного ощущения). При возникновении в данном случае отрицательного последовательного образа (голубого цвета) и переносе взгляда также на зеленый, зрение может ощутить сине-зеленый цвет.

Цвет последовательного образа зрительно может повысить насыщенность и усилить яркость наблюдаемого цвета. Красный после наблюдения голубого воспринимается более ярким и насыщенным, чем после наблюдения другого хроматического цвета, поскольку после голубого в глазу возникает образ красного, усиливающий ощущение от воспринимаемого красного цвета. Если наблюдаемый цвет противоположен последовательного образа, он воспринимается менее насыщенным, вплоть до обесцвечивания. После наблюдения красного насыщенного красный ненасыщенный кажется бесцветным.

Кажущиеся цвета последовательных отрицательных образов способны наряду с реальными цветами участвовать в одновременном цветовом контрасте. Если часть белой поверхности была некоторое время зеленой, то после исчезновения зеленого его место начинает казаться пурпурным. Одновременно с этим белая часть поверхности начинает казаться зеленой из-за соседства с пурпурным цветом последовательного образа.

Вследствие утомляемости глаза, инерции и адаптации сохранность последовательного образа удерживается примерно до 10 с, из которых в течение первых 5 с он ощущается отчетливо. Для возникновения

кажущихся цветов достаточны короткие промежутки времени, начиная от 1 с. При наблюдении яркого цвета в течение 15 с образуется наиболее выраженный и продолжительный последовательный цветовой образ.

Особенности цветоощущения зрением создают различие между цветовосприятием объекта и его цветовоспроизведением фотографическими материалами. Зачастую субъективный глаз человека видит в объекте один цвет, а объективный фотографический процесс воспроизводит другой.

153. Иллюзия пространства и освещения при изображении цвета. Изображение каждого предмета неразрывно связано с цветом фактуры его поверхности, дающим возможность к распознаванию предмета в пространстве. Если фактура не воспринимается, то цвет ее представляется в новом качестве — бесформенном, нематериальном, находящимся как бы на неопределенном расстоянии. Это качество позволяет разделить цвета на фактурные и нефактурные, или иначе — поверхностные и пространственные, применяемые в фотографии для изображения *иллюзии пространства*.

При съемке явление нефактурности цвета осуществляется расфокусировкой предмета (чаще всего фона), создающей нерезкость, при которой исчезает фактура, а цвет ее воспринимается пространственным. К пространственным цветам чаще всего относятся синие, голубые и зелено-голубые, связываемые с представлениями о воздухе. Однако любой цвет можно преобразовать в пространственный, особенно высоконасыщенный, создав условия, затрудняющие восприятие его фактуры.

Иллюзия освещения. Для реального восприятия цветового изображения при постановочной фотосъемке необходимо, чтобы цвета окраски фотографируемых предметов подчинялись цвету их освещения. При изображении на снимке источника света должны быть правильно воспроизведены как само излучение, так и цвета предметов, логически вытекающие из цветности излучения источника. Например, при изображении в кадре лампы дневного света с ее освещением ($T_{цф} = 6500 \text{ K}$) окружающие предметы воспринимают от нее спектр всех длин волн светового диапазона с воспроизведением цвета своей окраски (142). Красный на объекте должен выглядеть красным цветом, синий — синим. При изображении на снимке, например, свечи с оранжево-красным пламенем окружающие предметы не получают синих лучей и поэтому воспроизводятся цветом своего отражения, сформированным посредством цвета пламени свечи и цвета окраски (рис. 122): красный цвет должен выглядеть насыщенным, поскольку в свете свечи преобладают красные лучи, а синий — черным цветом, так как этих лучей в освещении нет.

В изображении предметов их цвета должны быть обоснованы действующим по сюжету спектральным составом освещения и выражать его характер. Если среди изображенных цветов находится цвет, невозможный для заданного освещения, то он выглядит как самостоятельный источник света со своим особым излучением. Например, изображенный насыщенный голубой или синий цвет предмета при изображаемом свете свечи с $T_{цф} = 1800 \text{ K}$ воспринимается самостоятельным источником, светящимся голубым или синим светом.

154. Термины цветов объективные и субъективные. К объективным (научным) психофизическим терминам цветоведения относятся: *цветовой тон* — признак цвета, обусловленный длиной волны излучения в нанометрах и дополняемый в общих случаях ориентировочным общепринятым наиболее распространенным названием; *насыщенность* — степень выраженности цветового тона в процентах в его смеси с количе-

ством белого; *светлота* — степень отражения данного цвета в процентах относительно 100 %-ного отражения белого света идеально белой поверхностью. Все три параметра определяются по системе цвета X, Y, Z (МКО) точными математическими величинами.

Если требуется меньшая точность, применяется ряд систем, включающих названия, номера и образцы цвета (альбом колеров). *Субъективная* (ненаучная) терминология основана на местных обиходных названиях и определениях, относящихся к данной местности, профессиональному кругу или промышленному производству. *Свободная* терминология характерна искажением объективных и субъективных терминов цветоведения и светотехники и на практике не может быть применима.

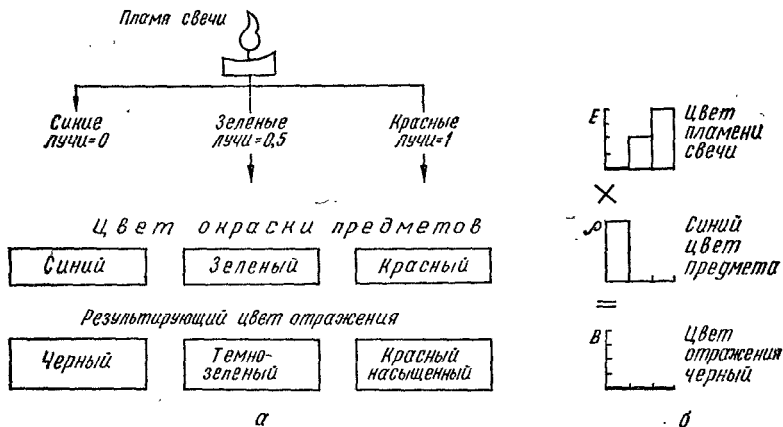


Рис. 122. Схема получения цвета отражения предмета при его освещении пламенем свечи:

а — распределение цветовых зон в излучении свечи и результирующий цвет трех цветов; *б* — выражение действия освещения зональными графиками

Объективный термин *цветовой тон* не имеет никакого отношения к свободному понятию «тон», имеющему синоним визуальной яркости. От слова «тон» существует производный термин *тональность*, применяемый для качественной оценки изображения по относительным светлотным площадям изображения. Под преобладанием в изображении светлых участков (тонов) подразумевается «высокая» тональность, «высокий ключ», под преобладанием темных — «низкая» тональность, «низкий ключ».

Глава 3

СВЕТОФИЛЬТРЫ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ПАРАМЕТРЫ

155. *Спектральная характеристика светофильтра* (в дальнейшем — *фильтра*) характеризуется границей раздела областей пропускания и поглощения, выражаемой крутизной подъема или спада кривой, резко или нерезко выделяющей требуемый участок спектра. На

рис. 123 показана типовая кривая желтого фильтра с разделением оси абсцисс графика на определенные спектральные области. Основной областью спектра, характеризующей степень фильтрации лучей, яв-

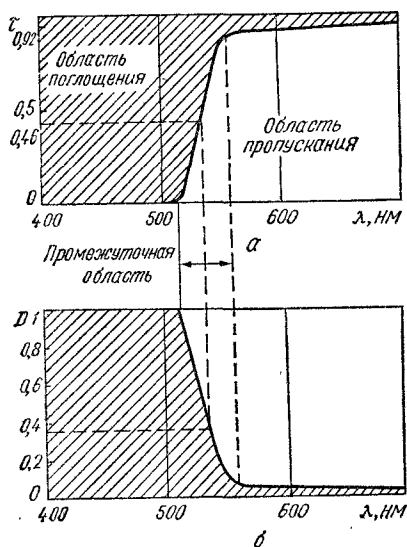


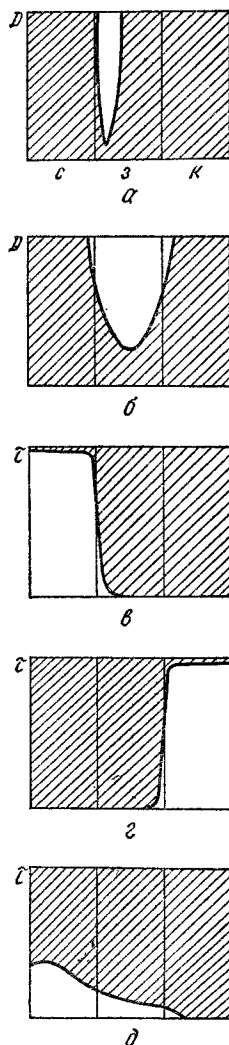
Рис. 123. Типовая спектральная кривая желтого фильтра, выраженная коэффициентом пропускания (а) и оптической плотностью (б)

Рис. 124. Типовые спектральные кривые светофильтров:

а — монохроматического зеленого; б — двустороннего зонального зеленого; в, г — одно-стороннего зонального синего и красного; д — голубого с пологой кривой

ляется промежуточная. В ней пропускание лучей начинается, нарастает и оканчивается полным пропусканием. Степень нарастания (пологий или крутой подъем кривой) характеризует фильтр с плавным или резким разделением областей поглощения и пропускания («мягкий» или «жесткий» фильтр).

Начало промежуточной области определяется длиной волны, при которой пропускание света составляет 0,5 %. Концом этой области считается длина волны, при которой пропускание равно 87 % из расчета максимально возможных потерь: 8 % на поверхностно отраженный свет от двух поверхностей стекла и 5 % на мутность окрашенной в массу среды. При таких условиях ширина промежуточной области для жестких фильтров составляет 5—55 нм, а для мягких не оговаривается.



Пределом поглощения (началом пропускания) жесткого фильтра считается длина волны, при которой пропускание света составляет 46 %. С увеличением толщины цветного слоя жесткость фильтра возрастает. Желатиновые фильтры более жестки, чем стеклянные.

По степени выделения спектральных областей кривые пропускания или поглощения фильтра различаются пологие, односторонние или двусторонние, образующие типовые характеристики выделения.

Фильтры с двусторонними кривыми (рис. 124, а, б) имеют две крутые ветви, позволяющие выделять однородные излучения и лучи в середине спектра или по его краям (монохроматические зеленые и пурпурные фильтры).

Фильтры с односторонними кривыми (рис. 124, в, г) имеют одну крутую ветвь, спадающую или возрастающую, и позволяющую выделять спектральные участки синей или красной зоны спектра (синие, голубые, желто-зеленые, желтые, оранжевые и красные фильтры, а также УФ бесцветные и ИК бесцветные и темные).

Фильтры с пологими кривыми (рис. 124, д) не имеют резко выраженных спадов и подъемов, предназначены для гашения интенсивности светового потока и подгонки спектральных свойств световых излучений (нейтральные и конверсионные фильтры).

156. Пересчет спектральных кривых фильтра по D и τ . Для пересчета кривой пропускания фильтра на кривую его плотности (или в обратном порядке) необходимо для точек кривой на каждые 10 нм спектра составить таблицу коэффициента пропускания в процентах. Затем по

10. Перевод оптической плотности D в коэффициент пропускания τ , %

D	τ , %	D	τ , %	D	τ , %	D	τ , %	D	τ , %	D	τ , %
0,00	100	0,50	31,6	0,98	10,5	1,48	3,2	2,02	1,0	1,52	0,3
0,02	95,5	0,52	30,2	1,00	10,0	1,50	3,0	2,04	0,9	1,54	0,3
0,04	91,2	0,54	28,8	1,02	9,6	1,52	2,9	2,06	0,9	1,56	0,3
0,06	87,1	0,56	27,5	1,04	9,1	1,54	2,8	2,08	0,8	1,58	0,3
0,08	83,1	0,58	26,3	1,06	8,7	1,58	2,5	2,10	0,8	1,60	0,3
0,10	79,4	0,60	25,1	1,08	8,3	1,60	2,4	2,12	0,8	1,62	0,2
0,12	75,9	0,62	24,0	1,10	7,9	1,62	2,3	2,14	0,7	1,64	0,2
0,14	72,4	0,64	22,9	1,12	7,6	1,64	2,2	2,16	0,7	1,66	0,2
0,16	69,2	0,66	21,9	1,14	7,2	1,66	2,1	2,18	0,7	1,68	0,2
0,18	66,1	0,68	20,9	1,16	6,9	1,68	2,0	2,20	0,6	1,70	0,2
0,20	63,1	0,70	20,0	1,18	6,6	1,70	1,9	2,22	0,6	1,72	0,2
0,22	60,3	0,72	19,1	1,20	6,3	1,72	1,8	2,24	0,6	1,74	0,2
0,24	57,5	0,74	19,1	1,22	6,0	1,74	1,7	2,26	0,6	1,76	0,2
0,26	55,0	0,74	18,2	1,24	5,8	1,76	1,7	2,28	0,5	1,78	0,2
0,28	52,5	0,76	17,4	1,26	5,5	1,78	1,6	2,30	0,5	1,80	0,2
0,30	50,1	0,78	16,6	1,28	5,3	1,80	1,5	2,32	0,5	1,82	0,2
0,32	47,9	0,80	15,9	1,30	5,0	1,82	1,5	2,34	0,5	1,84	0,2
0,34	45,7	0,82	15,1	1,32	4,6	1,84	1,4	2,36	0,4	1,86	0,1
0,36	43,7	0,84	14,5	1,34	4,4	1,86	1,4	2,38	0,4	1,88	0,1
0,38	41,7	0,86	13,8	1,36	4,2	1,88	1,3	2,40	0,4	1,90	0,1
0,40	39,8	0,88	13,2	1,38	4,0	1,90	1,3	2,42	0,4	1,92	0,1
0,42	38,0	0,90	12,6	1,40	3,8	1,92	1,2	2,44	0,4	1,94	0,1
0,44	36,3	0,92	12,0	1,42	3,6	1,96	1,1	2,46	0,3	1,96	0,1
0,46	34,7	0,94	11,5	1,44	3,5	1,98	1,1	2,48	0,3	1,98	0,1
0,48	33,1	0,96	11,0	1,46	3,3	2,00	1,0	2,50	0,3	2,00	0,1

табл. 10 найти соответствующие значения плотности и построить график в системе координат. По этому способу построен график плотности фильтра на рис. 123.

КРАТНОСТЬ ФИЛЬТРА

157. Физическое действие фильтра обусловлено воздействием его окраски и плотности на проходящий световой поток. При избирательном изменении интенсивности потока по спектру фильтр уменьшает общее количество света за счет поглощения части лучей своей плотностью. Количество пропущенного фильтром света $E_{\text{фл}}$ в спектре длин волн $\Delta\lambda$ зависит от спектральных характеристик света E_λ и фильтра τ_λ : $E_{\text{фл}} = E_\lambda \tau_\lambda \Delta\lambda$. Степень уменьшения пропущенного света схематично показана на рис. 125. Стилизованные графики характеризуют равноэнергетический свет E (рис. 125, а) и идеальные фильтры различной плотности без потерь в стекле. Первый фильтр (рис. 125, б) из 100 % падающего белого света E поглощает 33 % света в виде лучей синей зоны спектра, составляющих одну треть всего спектра (заштрихованная область), и пропускает две трети — 66 % света ($\tau=0,66$), содержащего зеленые и красные лучи (желтый свет). Отношение $100 : 66 = 1,5$ показывает степень ослабления общего светового потока. Эта величина, как правило, определяется на графиках из отношения суммарной плотности излучения по спектру источника света к площади пропускания света по спектру фильтра. При графической «площади света», условно равной единице, отношение для первого фильтра $1 : 0,66 = 1,5$. Второго светофильтра (рис. 125, в) более плотный, со светлотой 33 % ($\tau = 0,33$), пропускает света в три раза меньше (отношение площадей $1 : 0,33 = 3$). Степень ослабления фильтром про-

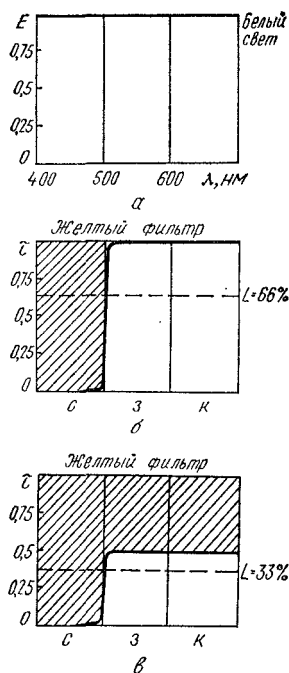


Рис. 125. Пример уменьшения интенсивности белого света E желтыми фильтрами

ходящего света называется фактором фильтра $K_{\text{ф}}$ для света с данным спектральным составом.

158. Фактор фильтра $K_{\text{ф}}$ — показатель уменьшения общего количества света для заданного источника излучения (отличается от кратности фильтра (159)), определяется отношением площадей суммарной плотности светового потока по спектру до и после фильтра. На рис. 126 показано графическое пояснение определения фактора желтого фильтра для трех источников света. Для получения спектральной кривой пропущенного светового потока через каждые 10—20 нм спектра значения точек спектральной кривой света перемножаются на значения

точек кривой пропускания фильтра. Полученная кривая огибает суммарную плотность пропущенного светового потока по спектру. Фактор определяется отношением площадей $K_{\Phi} = Q_1 : Q_2$. Как видно

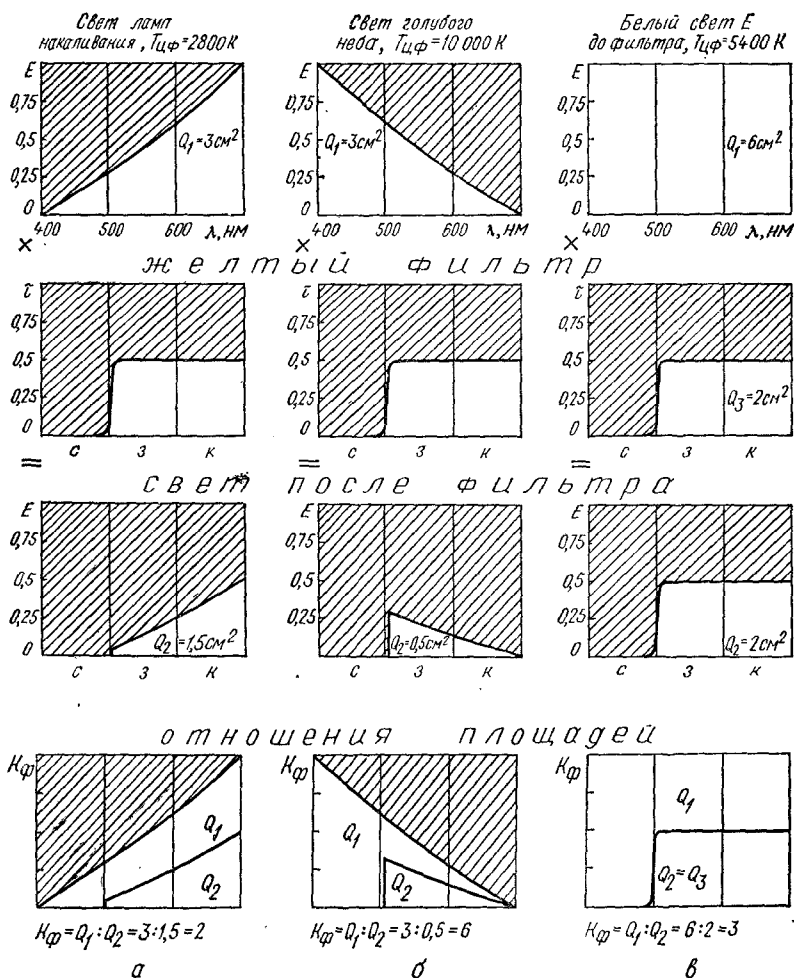


Рис. 126. Графическое определение фактора желтого фильтра посредством коэффициента пропускания для различных источников света. Освещенность после фильтра $E_{\Phi} = E\tau$ и выражается незаштрихованной площадью третьего сверху графика

из графиков, для желтого и голубого света (рис. 126, а, б) наибольший фактор фильтра (наибольшее уменьшение светового потока) наблюдается для источников света, цвет которых дополнителен цвету фильтра, наименьший — для источников относительно одноименного цвета. Для равноэнергетического источника света E (рис. 126, в) площадь Q_2

можно не рассчитывать и фактор определять из отношения суммарных плотностей излучения пропускания фильтра $Q_1 : Q_2$.

Поскольку все фильтры рассчитаны на пропускание среднего белого света, а источники E , B , C и D относительно близки по спектральному составу, практически перемножение кривых двух графиков можно исключить и фактор фильтра для белого света определять по одному графику фильтра из отношения его общей площади в любых единицах к площади суммарной плотности пропускания в тех же единицах (рис. 126, в). Ошибка при этом соизмерима с неточностью при других пересчетах. Найдя фактор K_{ϕ} , можно быстро определить степень уменьшения общего количества света любым фильтром из его графика спектральной зависимости для выбранных источников света.

Для фактора фильтра характерны три закона: *первый* — для неизменного фильтра и неизменного источника света фактор фильтра постоянен; *второй* — для неизменного фильтра различный свет определяет различный фактор фильтра, для неизменного света различные фильтры имеют различный фактор; *третий* — больший фактор фильтра характерен для взаимно дополнительных цветов света и фильтра, меньший — для одноименных цветов. Фактор фильтра не следует приравливать к кратности фильтра, определяемой по его действию на светоприемник.

159. Кратность фильтра. Действие фильтра нераздельно связано со спектральными характеристиками излучения и светоприемника (фотопленки, экспонометра, глаза), влияющих на конечный результат воздействия — потемнение фотослоя или изменение параметров (других приемников). При действии фильтра различается *общая* кратность для спектра длин волн $\Delta\lambda$, как правило 400—700 нм, и *местная* для любого цвета: зонального, однородного или монохроматического.

Общая кратность фильтра N — это число, показывающее степень увеличения количества света, необходимого для восприятия приемником первоначальной яркости: фотопленкой — *фотографической* (плотности почернений на негативе после обработки), экспонометром — *фотоэлектрической* (отклонения стрелки гальванометра), глазом — *визуальной* (зрительного ощущения). Общая кратность определяет нормальную среднюю плотность негатива. *Местная кратность* для какого-либо одного цвета объекта определяет меньшую или большую плотность этого цвета в негативе относительно других. При одинаковом фильтре реакция светоприемников на свет неодинакова из-за различия их спектральных характеристик (рис. 127).

В интервале длин волн $\Delta\lambda$ яркость, воспринимаемая светоприемником без фильтра, $B = B_{\lambda} S_{\lambda}$, с применением фильтра $B_{\phi} = B_{\lambda} \tau_{\lambda} S_{\lambda}$, где B_{λ} — энергетическая яркость объекта съемки под выбранным светом; τ_{λ} — спектральный коэффициент пропускания фильтра; S_{λ} — светочувствительность приемника света.

Яркость B также выражается через освещенность E произведением $B = E\rho$, в котором ρ — среднегеометрический коэффициент отражения объекта, приравненный в данном случае для $\Delta\lambda$ к среднесерому цвету с $\rho = 0,2$. Исходя из различных выражений яркости, общую кратность фильтра при заданном светоприемнике можно выразить отношениями:

$$N = \frac{B}{B_{\phi}}; N = \frac{B_{\lambda} S_{\lambda} \Delta\lambda}{B_{\lambda} \tau_{\lambda} S_{\lambda} \Delta\lambda}; N = \frac{E_{\lambda} \rho_{\lambda} S_{\lambda} \Delta\lambda}{E_{\lambda} \rho_{\lambda} \tau_{\lambda} \Delta\lambda}.$$

Числовая величина $\rho = 0,2$ в числителе и знаменателе третьей формулы сокращается, поскольку объект съемки в данном случае не играет

роли, и выражение кратности принимает вид

$$N = \frac{E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta \lambda}{E_{\lambda} \tau_{\lambda} S_{\lambda} \Delta \lambda} \text{ — излучение, воспринимаемое приемником без фильтра.}$$

$$N = \frac{E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta \lambda}{E_{\lambda} \tau_{\lambda} S_{\lambda} \Delta \lambda} \text{ — излучение, воспринимаемое приемником с фильтром.}$$

В знаменателе произведение $E_{\lambda} \tau_{\lambda}$ — фактор фильтра (158), а произведение $\tau_{\lambda} S_{\lambda}$, связанное с предыдущим величиной τ_{λ} , характеризует степень понижения светочувствительности приемника к белому свету за счет поглощения света плотностью фильтра. Общая кратность фильтра в спектре длин волн — величина непостоянная, зависящая от трех спектральных условий: цветности освещения объекта E_{λ} , фактора фильтра для данного освещения K_{ϕ} и спектральной чувствительности светоприемника S_{λ} . Учет кратности без указания этих условий неприемлем и не имеет практического смысла.

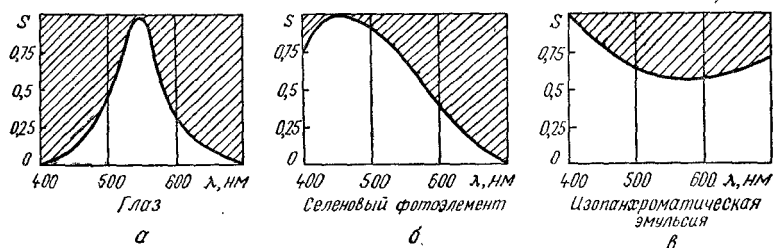


Рис. 127. Спектральные характеристики светоприемников:

а — глаза; б — селенового фотоэлемента; в — изопанхроматической эмульсии

При установке *фильтра перед объективом* его плотность избирательно поглощает соответствующие лучи света с уменьшением местных экспозиций светочувствительной эмульсии. Этим как бы снижается светочувствительность фотослоя к поглощаемым лучам. При установке *фильтра перед экспонометром* стрелка гальванометра не доходит до своего истинного значения, поскольку часть света поглощается фильтром. При наблюдении излучения *через фильтр* глаз адаптируется к понижению интенсивности прошедшего света и воспринимает его согласно спектральной кривой фильтра.

Применяя фильтр перед объективом, общую светочувствительность фотопленки «восстанавливают» увеличением выдержки с учетом общей кратности фильтра. При этом изменяется тоновоспроизведение отдельных цветов объекта в соответствии с кривой спектрального пропускания фильтра. Одни цвета выделяются фотопленкой больше, другие — меньше (результат местных кратностей). Тоновоспроизведение серых цветов не изменяется.

Отдельные цвета объекта съемки мало влияют на общую кратность фильтра, поскольку в спектре длин волн 400—700 нм учитывается интегральный коэффициент отражения объекта с $\rho = 0,2$. Однако выбор фильтра с требуемой кратностью влияет на тоновоспроизведение отдельного (местного) цвета объекта. Отдельный цвет в изображении может быть темнее или светлее в зависимости от местной кратности для данных световых лучей.

С помощью фильтра часто притемняется синее небо из-за увеличенной примерно вдвое естественной чувствительности галоидного серебра к синим лучам. Для получения в изображении различной то-

нальности неба из набора желтых или оранжевых фильтров выбирается фильтр с требуемой кратностью. При этом один и тот же фильтр при разных экспозициях негативного материала может дать различные эффекты почернения: желтый фильтр при недодержке производит такое же действие, как оранжевый при нормальной экспозиции, а оранжевый при недодержке — как красный при нормальной экспозиции. При съемке цветные фильтры изменяют тонопередачу насыщенных цветов в большей степени, а слабонасыщенных — в меньшей. Увеличение насыщенности цвета фильтра увеличивает избирательность его действия, а увеличение его плотности уменьшает эффективную светочувствительность фотопленки $S_{эф}$.

Величины кратности фильтров в технической литературе приводятся для панхроматических и изопанхроматических материалов, среднего дневного света с $T_{цф} = 5500$ К, а иногда и света ламп накаливания с $T_{цф} = 2850$ К. Если нет указаний на кратность при свете 2850 К, то следует учитывать, что для этого света и естественного света в утренние и вечерние часы при низко стоящем Солнце кратность желтых, оранжевых и красных фильтров уменьшается примерно на одну треть, а кратность голубых и синих увеличивается на одну треть. Для источников света с $T_{цф}$, отличной от 5500 К, и светочувствительных материалов другой сенсibilизации кратность применяемых фильтров требует пересчета.

160. Способы определения общей кратности фильтра. Кратность устанавливается для заданного типа фотоматериала, света определенного спектрального состава и определенных условий химико-фотографической обработки.

По графикам кратность определяется отношением площади, ограниченной спектральной кривой источника света, к пло-

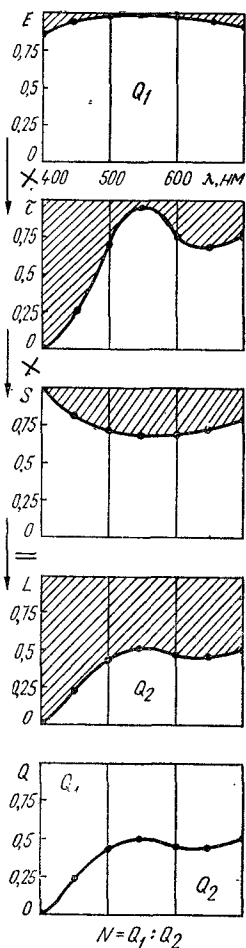


Рис. 128. Графическое определение кратности фильтра с коэффициентом пропускания τ для изопанхроматической пленки чувствительностью S и белого света с освещенностью E

щади, ограниченной кривой фотографической яркости пленки (полученной при восприятии света через фильтр, рис. 128). Первоначально значения точек спектральных кривых белого света с освещенностью E , фильтра τ и пленки S перемножаются между собой для получения спектральной кривой фотографической яркости пленки — $B_{\lambda} = E_{\lambda} \tau_{\lambda} S_{\lambda}$. Затем площадь Q_1 света E делится на площадь Q_2 яркости B . Отношение этих площадей является кратностью N фильтра τ для источника света E и фотопленки S .

Поскольку кратность фильтра всегда определяется для среднего белого света, спектральные точки кривой которого близки по величине и равны примерно единице, достаточно перемножить точки спектральных кривых фильтра τ и светочувствительности материала S и сравнить общую площадь графика фильтра с полученной площадью, ограни-

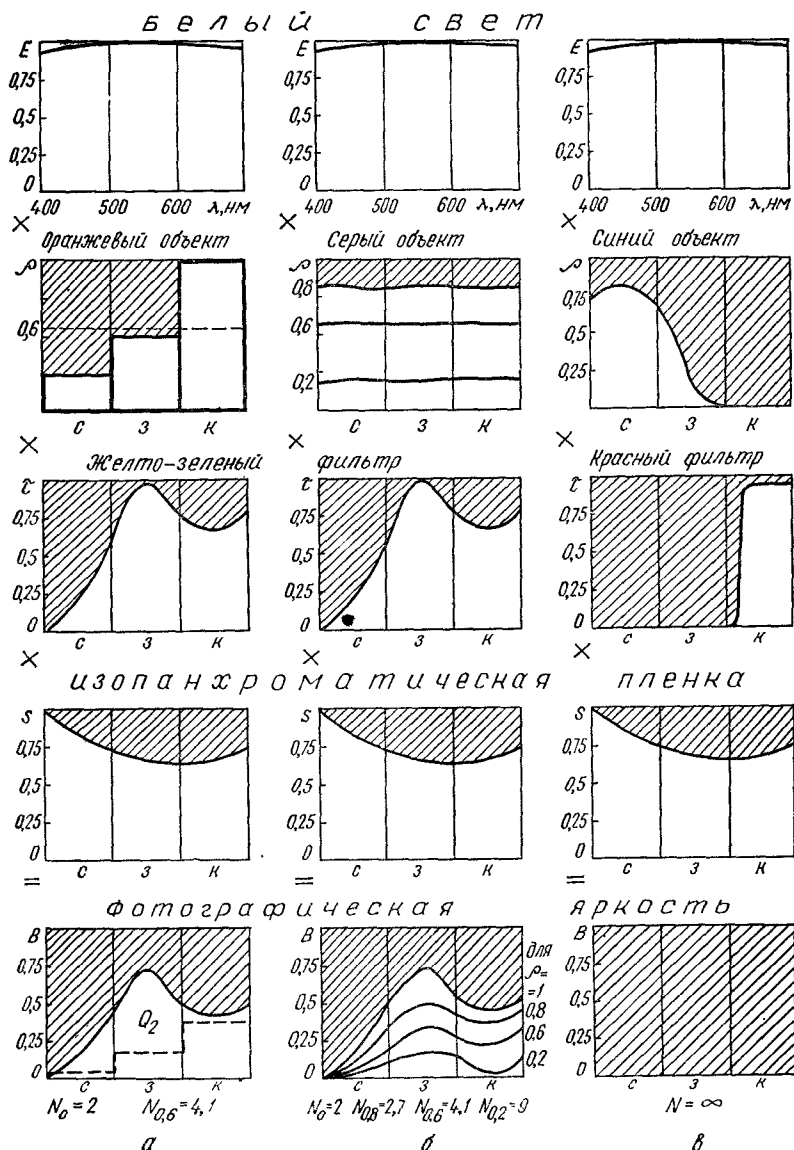


Рис. 129. Графики для сравнения общей (а, б) и местной (в) кратности

ченной кривой светочувствительности за фильтром (фотографической яркости). Отношение дает величину кратности N . В индивидуальных условиях, если затруднено измерение площадей в каких-либо метрических единицах, применяется тонкий картон, из которого вырезаются по контуру площади пропускания фильтра τ и спектральной чувствительности пленки S в одинаковом масштабе, и взвешиваются на весах с точностью до миллиграмм. Отношение весовых величин дает кратность фильтра, достаточную для практического применения.

Кратность пробной съемкой определяется посредством серой шкалы или контрольной большой детали серого цвета любого объекта, снимаемой на выбранной пленке. Съемка производится с фильтром и без фильтра при всех значениях диафрагмы и одной выдержке или при одной диафрагме и всех выдержках съемочной камеры. После обработки снятых экспонogramм в заданных рабочих условиях кратность определяется отношением выдержек или квадратов диафрагм, необходимых для получения одинаковой плотности серого цвета шкалы или контрольной серой детали, снятой с фильтром и без него.

Сенситометрический способ определения кратности заключается в определении общей светочувствительности фотоматериала на сенситометре с фильтром и без него. Фотопленка, предназначенная для работы с выбранным фильтром, экспонируется в сенситометре светом, при котором производятся рабочие съемки (обычно белым светом 5500 К). Обе

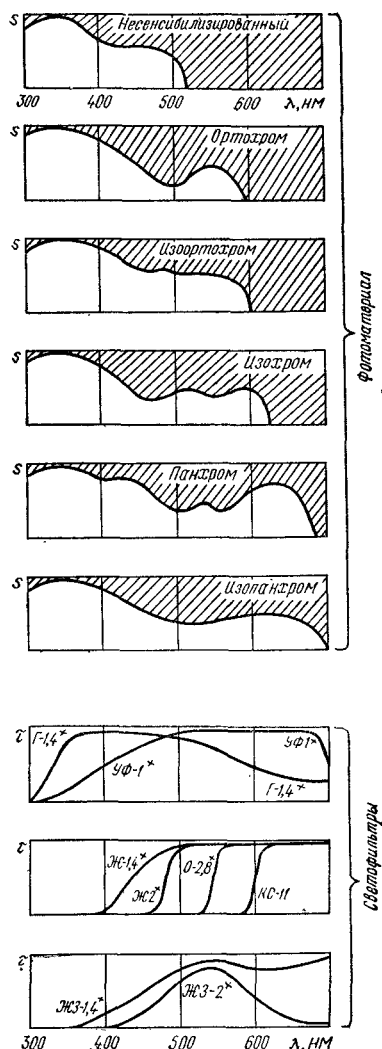


Рис. 130. Ряд спектральных кривых фотоматериала (вверху) и фильтров (внизу) для определения их совместимости

сенситограммы, экспонированные за фильтром и без него, проявляются одновременно в режиме и проявителе того состава, при которых будет обрабатываться фотопленка в рабочих условиях съемки и обработки. Проявленные сенситограммы промеряются на денситометре под таким же светом. Отношение светочувствительности без фильтра

к светочувствительности с фильтром и будет кратностью фильтра N для данных света E и пленки S .

161. Независимость общей кратности фильтра от цвета объекта. На рис. 129 графически показано влияние цвета объекта на величину общей и местной кратности. Общая кратность приведенного желто-зеленого фильтра $N_0 = 2$. Если учитывать влияние цвета объекта на кратность, то в изображении выявляется несоответствие в тонопередаче данного цвета. На рис. 129, а показан оранжевый объект с коэффициентом отражения $\rho = 0,6$. Если принять его спектральную характеристику в расчет кратности, то ее величина будет равна не 2, а 4,1. Съемка с фильтром при кратности $N = 4,1$ дает оранжевому цвету в изображении светлоту (тон) белого цвета с $\rho = 1$, а не с $\rho = 0,6$, поскольку в соответствии с $N = 4,1$ выдержка будет увеличенной, а тонопередача оранжевого цвета будет искаженной (белой вместо светлосерой).

Серый цвет для расчета кратности также не требует учета спектрального коэффициента отражения (рис. 129, б). Расчетная кратность фильтра позволяет передать серые цвета в изображении относительным естественным тоном, а при кратности, зависящей от $\rho = 0,8$; 0,6 или 0,2, эти серые цвета в изображении выявятся все одинаково светлыми.

На рис. 129, в общая кратность плотного красного фильтра $N = 5,4$. Фильтр пропускает только красные лучи и никакая поправка кратности за счет синей или зеленой составляющей цвета объекта не даст возможности передать их в изображении. Для синих и зеленых цветов кратность фильтра в данном случае равна бесконечности. Красные лучи объект не отражает, красному фильтру нечего пропускать, поэтому красный фильтр для съемки зеленых и синих цветов не применим.

162. Кратность фильтров для различных фотоэмульсий. Степень открытия диафрагмы. В зависимости от сенсibilизации черно-белой фотоэмульсии один и тот же фильтр может иметь различную кратность. Ниже приведена кратность фильтров для белого света $T_{цф} = 5500 \text{ K}$, в скобках — для света ламп накаливания $T_{цф} = 2850 \text{ K}$.

Цветное стекло	Граница поглощения, нм	Ортохром	Изоортохром	Изохром	Панхром и изопанхром
ЖС12	450	3 (1,5)	2 (1,5)	1,5 (1)	1,5 (1)
ЖС17	490	4 (2,5)	3 (2)	2 (1,5)	1,5 (2)
ЖС18	510	6 (3)	4 (2)	3 (1,5)	1 (1,2)
ЖЗС5	550	3 (2)	2,5 (1,5)	2 (1,2)	1,5 (1,1)
ЖЗС9	600	2 (2,5)	3 (4)	3 (4)	4 (1,5)
ОС12	550	Неприменим	6 (4,5)	5 (3,5)	2,5 (2)
КС11	620	»	Неприменим	Неприменим	3 (5)
Поляроид	—	3 (5)	3 (5)	3 (5)	3 (5)

Зависимость кратности нейтрально-серых фильтров от толщины

Фильтр	2 мм	4 мм	8 мм
НС7	2,8	5,6	—
НС8	2,2	2,3	3,5

Совместимость фотоземлюсий с фильмами можно определить сравнением их спектральных кривых (рис. 130). При зрительном сравнении спектральной кривой выбранного (из верхнего ряда) фотоматериала с кривой заданного фильтра (внизу) наглядно определяется какая часть спектра излучения может быть пропущена фильтром и воспринята материалом. Например, при сравнении кривой ортохроматической эмульсии с кривой оранжевого фильтра О-2,8× видно, что лишь небольшая часть лучей второй половины зеленой зоны спектра является рабочей. К лучам более длинных волн фотоземлюсия не чувствительна, а коротковолновые лучи фильтром не пропускаются.

Применение фильтров требует увеличения экспозиции при съемке — удлинения выдержки или увеличения отверстия диафрагмы съемочной камеры. Стандартный ряд отверстий диафрагмы позволяет связать кратность фильтра с изменением отверстий этого ряда по следующему соотношению:

Кратность фильтра	1	1,4	2	3	4	6	8	11	16	22	32	45	64	90
Открытие диафрагмы на деления	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

163. Классификация светофильтров. В фотографии назначение фильтров следующее:

- спектральное исправление визуальных яркостей объекта;
- выделение яркости одного цвета относительно других;
- выделение зональных цветов в цветной фотографии;
- преодоление воздушной дымки при натуральных съемках;
- приведение света к требуемой цветофотографической температуре;
- создание неактиничного света при обработке фотоземлюсий.

По применению фильтры делятся на следующие группы:

- съемочные (компенсационные, корректирующие, нейтрально-серые, поляризационные, оттененные, зональные, эффективные, конверсионные);

- корректирующие для субтрактивной цветной печати;

- цветоделительные (зональные для аддитивной цветной печати в общей фотографии, полиграфии и кинематографии);

- осветительные компенсационные (цветные, интерференционные);

- лабораторные защитные (селективные и зональные для создания неактиничного света);

- теплозащитные (бесцветные инфракрасные для кинопроекторов, кинокопировальных аппаратов и мощных фотоувеличителей);

- специальные (селективные, монохроматические для астрофотографии и других научно-технических целей).

По способу изготовления фильтры делятся на:

- окрашенные в массу оптического стекла;

- окрашенные в массу желатины — тонкие пленки — фолии;

- окрашенные желатиновые между двумя фотостеклами;

- окрашенные желатиновые на триацетатной пленке;

- окрашенные желатиновые на плоской форматной пленке, не содержащей серебра;

- жидкостные (растворы красителей в прозрачных кюветах);

- окрашенные в массу пластмасс (для общетехнических целей).

По выделению участков спектра фильтры делятся на:

- монохроматические, с выделением однородного излучения;

- селективные, с выделением относительно узких участков спектра (в том числе одно- и двухзональные);

зональные, со строгим выделением длин волн синей, зеленой и красной зон спектра;

нейтральные (или нейтрально-серые), равномерно уменьшающие интенсивность светового потока по спектру.

По физическому действию различаются фильтры:

абсорбционные (поглощающие определенные волны спектра с пропусканьем других);

поляризационные, поглощающие часть поляризованного света;

интерференционные, выделяющие определенные волны спектра;

дисперсные, выделяющие свет преломлением лучей;

отражающие, использующие явление интерференции;

дифракционные, отклоняющие свет с разложением спектра.

1.4. Характеристика светофильтров по физическому действию.

Абсорбционные фильтры пропускают излучение требуемой спектральной области, поглощая (абсорбируя) излучение остальной части спектра. Фильтры состоят из красителей, находящихся в массе прозрачных веществ (отличительная особенность).

Абсорбционные фильтры из цветного оптического стекла отличаются постоянством характеристик, высокой устойчивостью к атмосферным воздействиям и механической прочностью. Заданные спектральные свойства стеклянных фильтров создаются их оптической плотностью, толщиной стекла или составлением нескольких различных цветных оптических стекол в одной оправе.

Желатиновые абсорбционные фильтры менее стабильны и представляют собой прокрашенную органическими красителями желатину толщиной 0,05—0,1 мм. Пленка желатины наносится на прозрачную подложку (стекло, пленку), заклеивается между двумя оптическими стеклами канадским или (реже) пихтовым бальзамом или применяется отдельно в виде тонкого листка — фолли.

Абсорбционные фильтры из окрашенных пластмасс не имеют высокой оптической точности, однако обладают относительно высокой механической прочностью. Применяются в общей светотехнике и в защитных очках.

Абсорбционные жидкие фильтры отличаются точной воспроизводимостью спектральных характеристик и применяются в случаях, когда вещества, обладающие требуемой селективностью, невозможно ввести в стекло, желатину или пластмассу. Жидкие фильтры применяются при сенситометрических испытаниях для получения излучения белого света В и С от ламп накаливания с $T_{\text{цф}} = 2850 \text{ К (57)}$ и для других специальных целей. Иногда жидкие фильтры применяются в проекторах в качестве теплозащитных — кюветы из зеркального стекла заполняются водой, имеющей полосы поглощения в темной инфракрасной области спектра, вследствие чего уменьшается нагрев диапозитива или позитива в рамке проектора.

Поляризационные фильтры предназначены для частичного или полного гашения отраженного или рассеянного света, поляризованного различными телами и средами. Фильтр (поляроид), применяемый в фотографии, представляет собой целлюлозную пленку, содержащую кристаллы герпатита и помещенную между двумя стеклами в оправе. Кристаллы пленки ориентированы вдоль одного направления и действие поляроида основано на совмещении линии этого направления с линией поляризации поляризованного света. При этом кристаллы герпатита поглощают одну составляющую электромагнитного излучения и с небольшим затуханием пропускают другую, ориентированную под углом 90° . Максимальное уменьшение света у некоторых типов поляроидов достигает 42 % и не бывает больше. Степень уменьшения поляризованного света зависит от угла поворота оси поляроида

относительно оптической оси объектива. При определенном угле происходит допустимо максимальное гашение света.

Каждый поляроид линейно поляризует любой падающий на него свет. Выйдя частично поляризованным через один фильтр, свет может быть полностью погашен (поляризован) вторым фильтром, ось которого для этого устанавливается перпендикулярно оси первого. Применение при съемке одного фильтра позволяет ослаблять или устранять блики от гладких неметаллических поверхностей и для ослабления света голубого неба. Применяя два поляроида, плавно поворачиваемые один относительно другого, свет можно уменьшить до погашения.

Если свет отражается от металлической поверхности, происходит круговая поляризация, ориентированная по ходу или против хода часовой стрелки (явление разности фаз векторов электромагнитного поля). Погасить свет с круговой поляризацией можно применением линейного поляризатора совместно с пластинкой « $1/4$ длины волны», создающими в совокупности круговой поляризатор. При прохождении через него света, отраженного металлом, поглощается составляющая одной круговой ориентации и пропускается другой с уменьшением общей интенсивности.

Интерференционные фильтры. Широкополосные фильтры предназначены для изменения цветности излучения с 3200 К на 5500 К в световых приборах при киносъемках. Представляют собой плоское или выпуклое оптическое стекло с нанесенными 15—17 весьма тонкими слоями двух диэлектриков, имеющих два различных коэффициента преломления. Действие фильтра основано на явлении многолучевой интерференции света, заключающейся во взаимном ослаблении лучей в одних точках покрытия и взаимном усилении в других. От толщины диэлектриков и их количества зависит положение максимума кривой и ширина зоны спектрального пропускания. Интерференционные фильтры характерны минимальными потерями в зоне полезного пропускания и высокой избирательностью.

Узкополосные фильтры предназначены для научных и астрофизических исследований с шириной пропускания порядка 1,5—2 нм и меньше.

Дисперсионные фильтры состоят из двух веществ. Одно (дисперсное) вещество в виде мельчайших частиц (например, порошка бесцветных стекол) распределено в другом, сплошном веществе — органической жидкости. Светопропускание характеризуется показателем преломления двух сред — жидкости и порошка. Максимум пропускания (минимум отражения) выражается длиной волны λ_0 , для которой показатели преломления двух сред равны. При изменении показателя преломления жидкости изменяется длина волны максимального пропускания λ_0 . Чем больше падающая волна отличается от λ_0 , тем меньше пропускание фильтра. Избирательность выделения зависит от степени дисперсности заполняющего жидкость вещества, а также от температуры.

Дисперсионные фильтры применяются для уменьшения влияния дымки при съемке, улучшения цветопередачи, при съемке в ИК лучах и для изменения цветовой температуры.

Отражающие фильтры (селективные и нейтральные) изготавливаются нанесением 13—17 слоев тонких пленок двух металлов или диэлектриков на кварцевую или стеклянную подложку. Различные кривые отражения получаются при комбинации слоев двух диэлектриков попеременно с высоким и низким коэффициентом преломления n . Интерференция света в комбинации слоев дает возможность получать в относительно узкой области спектра отражение более 99 % лучей в видимом и УФ участках оптического диапазона. Коэффициент селек-

тивного отражения зависит от длины волны и угла падения излучения.

Дифракционные фильтры (решетки) являются диспергирующими оптическими элементами, в которых разложение света на монохроматические составляющие основано на интерференции множества дифрагированных световых лучей. Прошедший через решетку свет кроме белого имеет цветные составляющие от фиолетового до красного в форме структуры решетки. Установленный на объективе дифракционный фильтр создает на изображении объекта различные световые и цветные эффекты, повышая художественную выразительность.

Различаются *прозрачные, отражательные и голографические* решетки. Поверхность решетки может быть плоской и выпуклой. Выполняются решетки в большинстве случаев нарезкой алмазными резцами алюминиевой пленки, нанесенной на оптическое стекло. Для ИК области спектра решетки нарезаются на латунных или медных заготовках. Число штрихов на длину 1 мм: 75, 100, 200, 300, 400, 600, 1200, 1800, 2400 и 3600 — для решеток на стекле и 2, 4, 6, 12, 50, 100 — для решеток на металле. Размер заштрихованной части (ширина на длину штриха): для плоских решеток — 40×30 мм — минимальный и 300×300 мм — максимальный; для вогнутых решеток — 40×30 мм — минимальный и 100×60 мм — максимальный.

Прозрачная решетка представляет собой совокупность параллельных щелей в непрозрачном экране на прозрачной подложке. Такая решетка называется амплитудной, так как плоскость каждой щели совпадает с плоскостью решетки и разности фаз при прохождении плоской волны не возникает.

Отражательная решетка — совокупность параллельных штрихов-каналов. Отражающим элементом является грань канавки. Форма штрихов может быть прямоугольной (плоскость грани параллельна плоскости решетки) или профилированной, чаще всего треугольной. Непрофилированные решетки относятся к амплитудным решеткам, профилированные — к фазовым, называемым иногда концентрирующими или блестящими.

Голографическая решетка представляет собой зарегистрированную на специальном светочувствительном слое интерференционную картину (голограмму), образованную двумя параллельными лазерными пучками и имеющую вид системы строго параллельных полос. Расстояние между полосами зависит от взаимного расположения пучков и длины волны. Голографические решетки являются амплитудными и работают на пропускание. Их профиль близок к синусоидальному. Преимущество — принципиальное отсутствие в спектре искажений, обусловленных технологическими процессами нарезания линий.

КОНВЕРСИОННЫЕ ФИЛЬТРЫ

Конверсионные фильтры (абсорбционные) применяются при съемке на цветную пленку для превращения цветности излучения одной $T_{цф}$ в другую. Основное назначение фильтров — изменение $T_{цф}$ с 3200 на 5500 К, и в обратном порядке — с 5500 на 3200 К. Практически конверсионные фильтры выпускаются в наборе из нескольких штук, допускающих небольшие отклонения от указанных величин.

165. Выражение конверсионных фильтров величинами майреда. Одинаковое числовое изменение $T_{цф}$ вызывает различное изменение спектрального состава источника света. Например, изменение на 500 К температур 2000 и 7000 К вызывает: для первой — изменение с темно-

красного цвета на яркий красно-оранжевый ($2000 + 500 = 2500$ К), для второй — незначительное изменение голубоватого цвета ($7000 + 500 = 7500$ К). Такие различия не позволяют установить одинаковые допуски в кельвинах на колебания различных $T_{\text{цф}}$.

С целью приведения расчетов к удобной форме принята система обратных микрокельвинов. Практически одинаковым изменением цветности соответствуют одинаковые приращения обратных величин $T_{\text{цф}}$, выраженные малыми долями единицы — $1/T_{\text{цф}}$, или десятичной дробью, например $1:5000$ К $= 0,0002$. Однако обращение с дробными числами вызывает значительные неудобства в расчетах, поэтому для получения целых чисел обратные величины $T_{\text{цф}}$ увеличивают в миллион раз: $(1/T_{\text{цф}}) \times 1\,000\,000$, или $1\,000\,000/T_{\text{цф}}$ — обратные микроградусы.

Эти числа получили названия майред (MR) от соединения первых слогов английской фразы *micro reciprocal degrees — mired* (в переводе означает: в миллион раз увеличенная обратная величина $T_{\text{цф}}$). Слово *mired* переводится дословно миред, а произносится *майред* в применении к фотографической терминологии, принятой в английской и немецкой технической литературе согласно английскому профессиональному произношению.

Каждой величине $T_{\text{цф}}$ соответствует определенное число майред (табл. 11). Любое излучение можно выразить майредами, зная его $T_{\text{цф}}$. Каждый фильтр можно обозначить майредами, зная цветность пропускаемого им света.

11. Перевод кельвинов $T_{\text{цф}}$ в майреды (MR)

$T_{\text{цф}}$, К	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	М а й р е д ы									
2000	500	476	455	435	417	400	385	370	357	345
3000	333	323	312	303	294	286	278	270	263	256
4000	250	244	238	233	227	222	217	213	208	204
5000	200	196	192	189	185	182	179	175	172	169
6000	167	164	161	159	156	154	152	149	147	145
7000	143	141	139	137	135	133	132	130	128	127
8000	125	123	122	120	119	117	116	115	114	112
9000	111	110	109	108	106	105	104	103	102	101
10 000	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91

166. Подбор чисел майред для конверсионных фильтров. Числа майред дают возможность простого подбора конверсионных фильтров для приведения имеющегося спектрального состава освещения к требуемому. Для этого фильтры маркируют двумя видами: единичными числами майред и декамайредами (десятикратными их величинами) с отрицательными и положительными значениями. Положительная величина ($+MR$) указывает на красно-оранжевый фильтр, отрицательная ($-MR$) — на сине-голубой. Конверсия (превращение) спектрального состава света происходит при пользовании фильтром с числом майред, определяемым разностью майред исходной цветности MR_1 ,

$T_{цф}$ первичного
источника света

Диапазон
чисел майрег

$T_{цф}$ после
фильтра

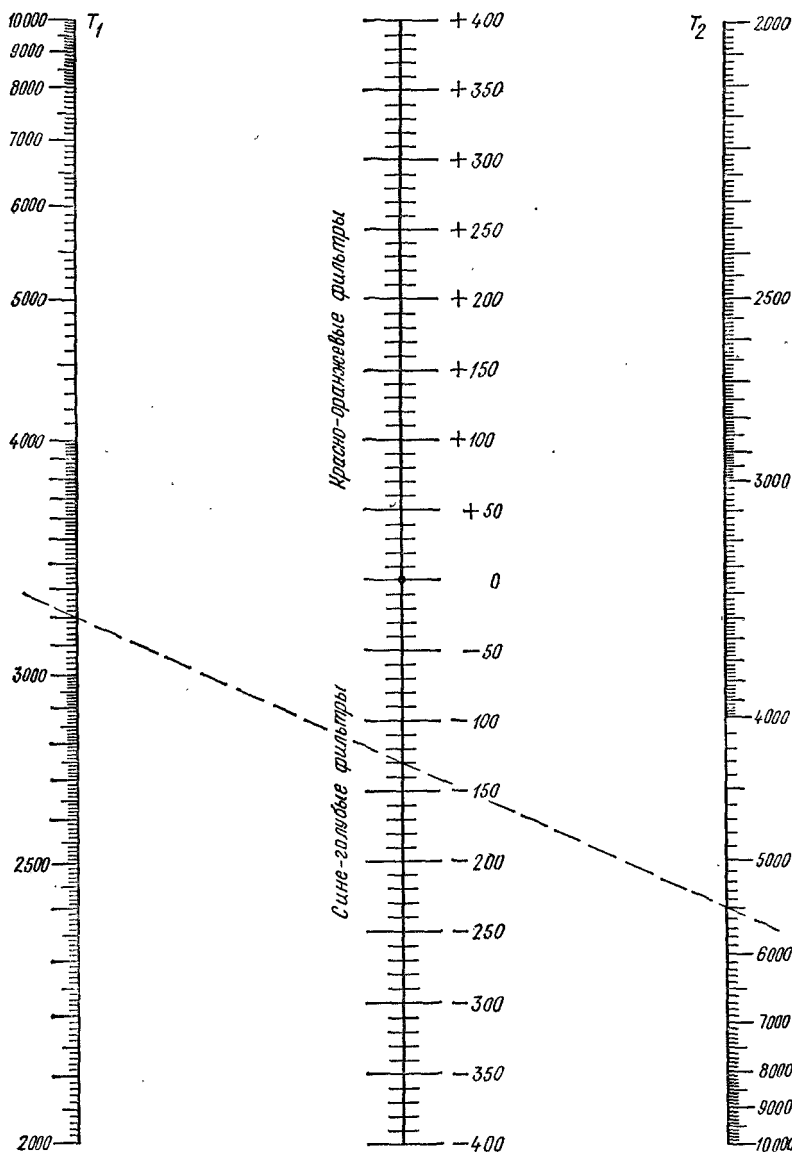


Рис. 131. Номограмма определения чисел майрег для корректировки $T_{цф}$

и майред требуемой $MR_2 : MR_x = MR_2 - MR_1$ или видоизмененно:

$$\frac{MR_2}{MR_1} - \text{требуемая цветность излучения (после фильтра)} \\ \frac{MR_1}{MR_1} - \text{исходная цветность излучения (до фильтра)} \\ = MR_x - \text{результат.}$$

Число майред показывает относительную плотность фильтра. Большое изменение $T_{\text{цф}}$ требует большой плотности фильтра, выражаемой большим числом майред (например, плюс или минус 130 майред), малое изменение — более светлого, малоплотного фильтра с относительно меньшим числом майред (например, плюс или минус 10 майред).

Практически, если требуется подобрать конверсионный фильтр для съемки при свете ламп накаливания 3200 К (MR_1) на цветной пленке ДС, сбалансированной к дневному свету 5500 К (MR_2), то из табл. 11 находят числа майред: для 5500 К — 182 (MR_2) и для 3200 К — 312 (MR_1). По разности $MR_2 - MR_1$ находится требуемый конверсионный фильтр, имеющий $182 - 312 = -130$ майред. Знак минус указывает на применение сине-голубого фильтра, а его величина показывает относительно большую плотность.

Если съемка должна производиться при дневном свете 5500 К (исходная цветность $MR_1 = 182$) на пленке ЛН, предназначенной для ламп накаливания 3200 К (требуемая цветность $MR_2 = 312$), то разность $MR_x = MR_2 - MR_1$ характеризует $312 - 182 = +130$ майред, где знак плюс указывает на применение красно-оранжевого конверсионного фильтра. Наиболее просто конверсионный фильтр определяется из номограммы (рис. 131).

В случае, когда требуется незначительное изменение $T_{\text{цф}}$, например, для пленки ЛН излучение дано с $T_{\text{цф}} = 3400$ К, а требуется 3200 К, то аналогичным расчетом по табл. 11 конверсионный фильтр определяется разностью $MR_2 - MR_1 = 312 - 294 = +18$ майред — фильтр красно-оранжевый слабо выраженной плотности. В случае отсутствия фильтра с требуемой плотностью, складываются вместе два фильтра (не более), дающие в сумме необходимое число майред. При этом, если цвет фильтров одинаковый, то их общая характеристика, выраженная в майредах, суммируется.

При складывании фильтров разного цвета преобладает цвет более плотного, а суммарная характеристика определится разностью значений их майред. Например, $(+50) + (-70) = -20$ майред сине-голубого фильтра; $(-50) + (-50) = -100$ майред сине-голубого фильтра. На практике достаточны два набора конверсионных фильтров: четыре сине-голубых для повышения и пять красно-оранжевых — для понижения $T_{\text{цф}}$.

ЦВЕТНОЕ ОПТИЧЕСКОЕ СТЕКЛО

167. Общая характеристика и свойства. Цветное оптическое стекло (ГОСТ 9411—81) получают из особого сорта технического стекла, применяемого для изготовления линз, призм и других оптических деталей. Отличается высокой прозрачностью и однородностью. Обозначение цветного стекла состоит из букв, соответствующих первым буквам названия цвета, и цифр — порядкового номера изготовления. Стекло выпускается в заготовках размером до 250 мм (диаметр или наибольшая сторона) и до 360 мм для стекла, нормируемого по длине волны пропускания.

Под влиянием нагрева спектральное поглощение многих стекол изменяется. Последующее охлаждение восстанавливает свойство стекла. Граница поглощения красных, оранжевых и желтых стекол при повышении температуры нагрева на каждые 100 °С смещается на 10—15 нм. Стекла УФС при длительном облучении увеличивают свое спектральное поглощение в УФ части спектра. Специальная термообработка стекол восстанавливает их первоначальные свойства. Это явление необходимо учитывать при их установке на СП.

168. Типы и марки цветного стекла (первые одна или две буквы обозначают кратко цвет, последняя буква С — стекло).

БС — бесцветное ультрафиолетовое: БСЗ, БС4, БС7, БС8*, БС12.

БС — бесцветное инфракрасное: БС14, БС15.

ЖЗС — желто-зеленое: ЖЗС1, ЖЗС5, ЖЗС6, ЖЗС9, ЖЗС12, ЖЗС13, ЖЗС17, ЖЗС18.

ЖС — желтое: ЖСЗ, ЖС4, ЖС10, ЖС11, ЖС12, ЖС17, ЖС18, ЖС19, ЖС20.

ЗС — зеленое: ЗС1*, ЗС3, ЗС7, ЗС8, ЗС10, ЗС11.

ИКС — инфракрасное: ИКС1*, ИКС3*, ИКС5, ИКС6, ИКС7.

КС — красное: КС10, КС11, КС13, КС14, КС15, КС17, КС18, КС19.

НС — нейтральное: НС1, НС2, НС3, НС6, НС7, НС8, НС9, НС10, НС11, НС12, НС13*.

ОС — оранжевое: ОС5, ОС6*, ОС11*, ОС12, ОС13, ОС14, ОС17.

ПС — пурпурное: ПС5, ПС7, ПС8, ПС11*, ПС13, ПС14, ПС15.

СЗС — сине-зеленое: СЗС5*, СЗС7, СЗС8, СЗС9, СЗС15, СЗС16, СЗС17, СЗС20, СЗС21, СЗС22, СЗС23, СЗС24, СЗС25, СЗС26, СЗС27.

СС — синее: СС1, СС2, СС4, СС5, СС8, СС9*, СС15.

ТС — темное: ТСЗ, ТС6*, ТС7*, ТС10.

УФС — ультрафиолетовое: УФС1, УФС2, УФС5*, УФС6, УФС8.

ФС — фиолетовое: ФС1*, ФС6.

169 Назначение цветного оптического стекла.

БСЗ, БС4, БС7 — пропускание ультрафиолетового излучения до 270, 290, 360 нм соответственно.

БС8 — пропускание ультрафиолетового излучения до 370 нм.

ЖЗС1, ЖЗС12, ЖЗС13, ЖЗС17 — для наблюдательных приборов (дальномеров).

ЖЗС5, ЖЗС6, ЖЗС9 — фотография, освещение, объективная фотометрия.

ЖСЗ — выделение линии ртутного спектра 313 нм совместно с УФС2.

ЖС4 — поглощение ультрафиолетовой области спектра.

ЖС10 — область фотографии, наблюдательные приборы.

ЖС11 — поглощение УФ области спектра до 410—420 нм, выделение линии ртутного спектра 436 нм совместно с СС4.

ЖС12 — область фотографии, выделение участков спектра в области 450—540 нм совместно со стеклами СЗС11 и СЗС12.

ЖС16 — область фотографии, выделение участков спектра в области 470—570 нм совместно со стеклами СЗС10, СЗС11, СЗС12, СЗС18.

ЖС17 — область фотографии, наблюдательные приборы, выделение области спектра 480—570 нм совместно со стеклами СЗС10, СЗС11, СЗС18.

ЖС18 — область фотографии, цветная аддитивная печать в копировальных аппаратах совместно со стеклом СЗС22, выделение

* Снято с производства.

участков спектра в области 480—570 нм совместно со стеклами СЗС10 и СЗС18.

ЖС19, ЖС20 — для люминесцирующих экранов.

ЗС1 (зональный фильтр) — область фотографии, трехцветная проекция.

ЗС3 (сигнальный), зеленый светлый — цветное освещение.

ЗС7 — выделение области спектра 510—530 нм совместно с СЗС18, выделение линии ртутного спектра 578 нм со стеклом ОС13.

ЗС8 — при толщине 1,9 мм совместно с ЖС18 толщиной 2,1 мм приводит кривую селенового фотозлемента к кривой спектральной эффективности глаза.

ЗС10 — выделение области спектра 500—600 нм.

ЗС11 — аддитивная трехцветная проекция.

ИКС1, ИКС3 — выделение области спектра 700—2800 и 860—2800 нм соответственно.

КС10 — выделение участка спектра 600—610 нм со стеклом СЗС10.

КС11 (сигнальный), красный светлый — область фотографии, выделение красной зоны спектра, аддитивная цветная печать в копировальных аппаратах.

КС13 (сигнальный), красный — область фотографии, аддитивная трехцветная проекция.

КС14 — сенситометрический красный фильтр. Область фотографии.

КС15 — область фотографии, стекло для оптических пирометров.

КС17, КС18, КС19 — выделение области спектра 670—2700, 680—2800, 700—2800 нм соответственно.

НС1, НС2, НС3 — защитные очки от яркого света.

НС6, НС7, НС8, НС10, НС11, НС12 — фотометрия, спектрофотометрия, наблюдение объектов на фоне, рассеивающем и отражающем солнечный свет, наблюдение объектов вблизи Солнца.

ОС5 (сигнальный) — наблюдательные приборы, цветное освещение.

ОС6 — колориметрия, объективная фотометрия.

ОС11 — область фотографии, наблюдательные приборы, выделение линий ртутного спектра совместно со стеклом ПС7.

ОС12 — область фотографии, наблюдательные приборы, выделение области спектра 540—570 нм совместно со стеклом СЗС10.

ОС13 — область фотографии, выделение линии ртутного спектра 578 нм совместно со стеклом ЗС7.

ОС14 — область фотографии, выделение участков спектра в области 580—600 нм совместно со стеклом СЗС10.

ОС17 — наблюдательные приборы (дальномеры).

ПС5 — фильтр дневного света совместно со стеклами СЗС17 и ПС6, цветное освещение.

ПС7 — градуированный светофильтр, выделение линий ртутного спектра совместно со стеклами ОС11 и ОС12.

ПС8 — колориметрия, поглощение области спектра 500—550 нм.

ПС11 — выделение области спектра 250—460 нм, поглощение области спектра 460—660 нм.

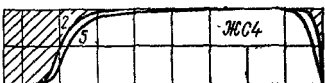
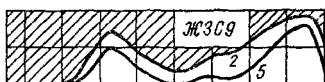
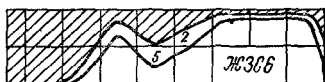
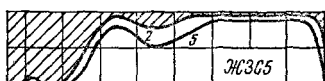
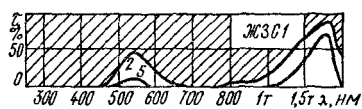
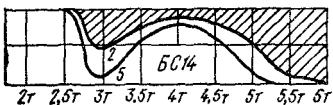
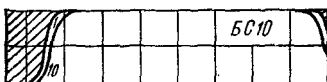
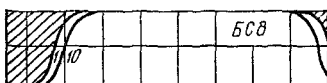
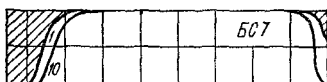
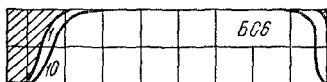
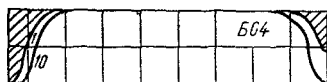
СЗС5, СЗС9 — область фотографии (контрастные светофильтры).

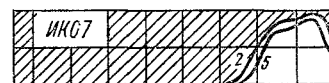
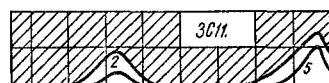
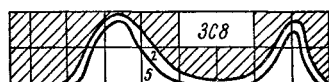
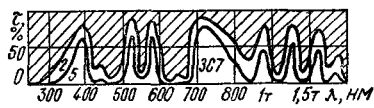
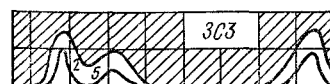
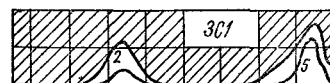
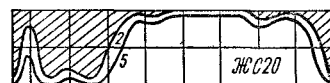
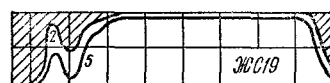
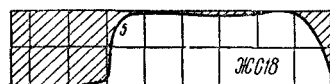
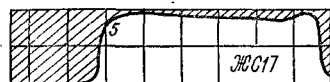
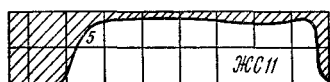
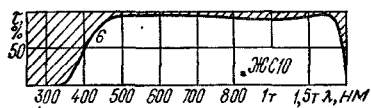
СЗС8 — область сенситометрии, конверсия излучения источника A в источник с $T_{\text{эф}} = 3200$ К совместно со стеклом ПС6.

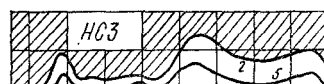
СЗС15 — светофильтр для сенситометрии.

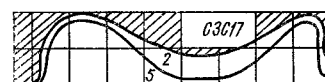
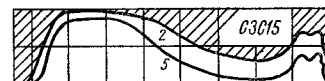
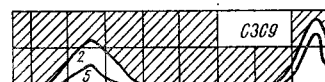
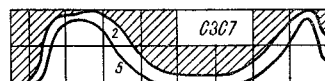
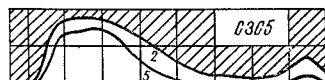
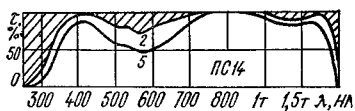
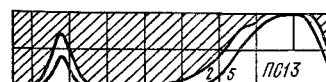
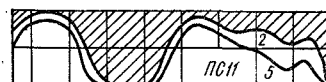
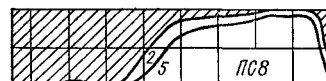
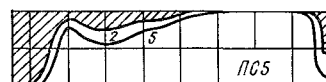
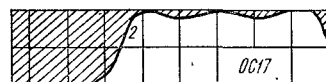
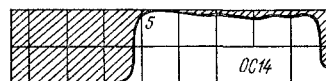
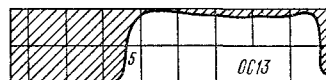
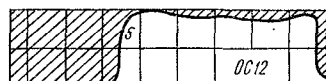
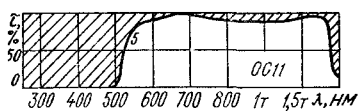
СЗС16 — теплозащитный фильтр термически устойчивый.

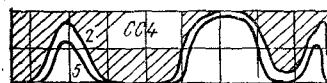
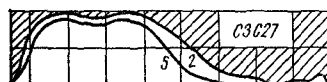
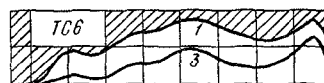
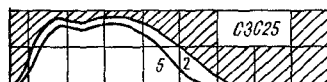
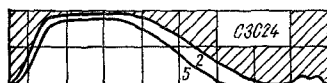
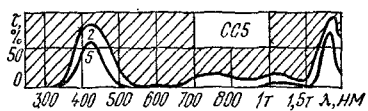
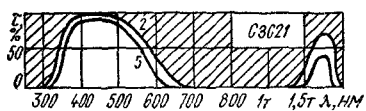
СЗС17 — фильтр дневного света совместно со стеклами ПС5, ПС6, конверсия излучения источника A в источник с $T_{\text{эф}} = 6500$ К (источник C).











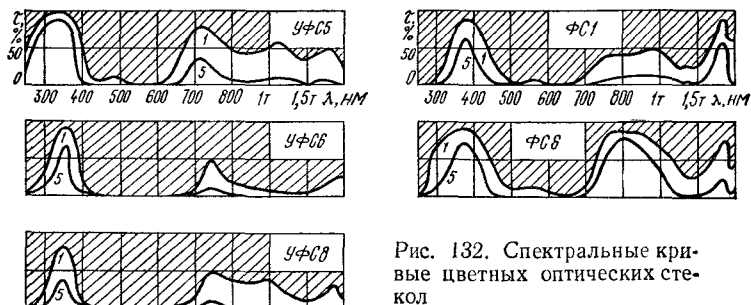


Рис. 132. Спектральные кривые цветных оптических стекол

СЗС22 — сенситометрия: получение синего зонального фильтра совместно со стеклом **ФС7**.

СЗС24, СЗС25, СЗС26 — теплозащитные фильтры.

СС1 — светофильтр дневного света для сенситометрии, освещение.

СС2 — белый сигнальный для источников света с $T_{\text{цв}} = 1900 \dots 2400$ К.

СС4 — выделение области спектра 340—470 нм, цветная аддитивная печать в копировальных аппаратах.

СС5 — трехцветная проекция, выделение области 370—500 нм.

СС8 — цветная аддитивная печать в копировальных аппаратах, синий сигнальный, цветное освещение.

СС9 — фильтр дневного света для сенситометрии. Конверсия цветности излучения с $T_{\text{цф}} = 3200$ К на $T_{\text{цф}} = 5500$ К.

СС15 — фильтр для сенситометрии.

ТС3 — защитный фильтр от УФ лучей при электросварке. Смотровые окна для дуговых и других осветительных приборов.

ТС6, ТС7 — защитный от УФ лучей солнечного света.

УФС1, УФС2, УФС6 — люминесцентный анализ, выделение области соответственно 240—400, 270—380, 320—390 нм.

ФС1 — наблюдательные приборы, выделение области 330—460 нм.

ФС6 — выделение области спектра 290—460 и 720—1200 нм.

Спектральные кривые цветных оптических стекол показаны на рис. 132. Цифры около кривых показывают толщину стекла в миллиметрах.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СВЕТОФИЛЬТРЫ

170. Общие данные. Фильтры для общей фотографии выпускаются из оптического цветного стекла толщиной не менее 2 мм в металлической оправе, на которой указаны начальные буквы названия цвета оптического стекла и цифры ориентировочной кратности для фотоматериалов изопанхроматической и панхроматической сенсibilизации и белого света с $T_{\text{цф}} = 5500$ К. Для фотоматериалов иной сенсibilизации и съемки со светом другого спектрального состава кратность фильтров имеет другую величину. Спектральные кривые съемочных фильтров показаны на рис. 133. Данные фильтров приведены в табл. 12.

171. Характеристика съемочных фильтров (в применении к съемке на черно-белых пан- и изопанхроматических фотоматериалах).

Голубой фильтр Г-1,4^х светлый, компенсационный. Для всех диаметров оправ толщина стекла 2 мм. Дополнительный фильтру цвет — красный. Хорошо пропускает синие и зеленые лучи, уменьшает пропускание оранжевых и красных. При съемке пейзажей с восхо-

дом и заходом Солнца фильтр передает оттенки желтых, оранжевых и красных тонов неба. При съемке поверхностей, освещенных светом голубого неба, хорошо выявляет детали в тенях. При дневном освещении применяется для усиления эффекта воздушной дымки, высветляет синие и голубые цвета. Эффективен при съемке голубых глаз человека, хорошо выделяет губы на лице. При съемке с лампами накаливания двукратно и эквивалентен светлому желто-зеленому фильтру при дневном освещении. Фильтр эффективен при съемке портретов

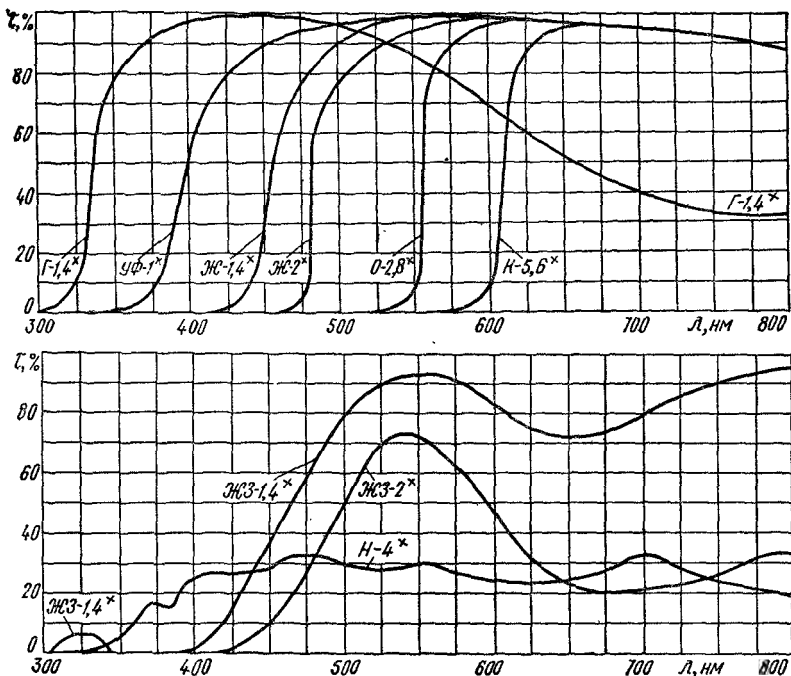


Рис. 133. Спектральные кривые съемочных фильтров

с лампами накаливания на высокочувствительных пан- и изопанхроматических фотоматериалах (Фото-250, NP-27), способствуя правильной тонопередаче глаз, кожи, губ.

Установочные размеры фильтров

Диаметр оправы, мм	Резьба, мм	Диаметр оправы, мм	Резьба, мм	Диаметр оправы, мм	Резьба, мм
12	M10,5 × 0,5	37	M35,5 × 0,5	65	M62 × 0,75
15	M13,5 × 0,5	42	M40,5 × 0,5	70	M67 × 0,75
18	M16,5 × 0,5	48	M46 × 0,75	75	M72 × 0,75
21	M19,5 × 0,5	51	M49 × 0,75	80	M77 × 0,75
24	M22,5 × 0,5	54	M52 × 0,75	85	M82 × 0,75
27	M25,5 × 0,5	57	M55 × 0,75	90	M86 × 1
32	M30,5 × 0,5	60	M58 × 0,75	100	M95 × 1

12. Кратность фильтров для черно-белых фотопленок типа «Фото»

Фильтр (зарубежное обозначение)	Цвет	Марка стекла	Естественный свет, $T_{цф} = 5500 \text{ К}$		Искусственный свет, $T_{цф} = 2850 \text{ К}$	
			Для «Фото-32», «Фото-65» и «Фото-130»	Для «Фото-250»	Для «Фото-32», «Фото-65» и «Фото-130»	Для «Фото-250»
Г-1, 4 [×] (B-1, 4 [×])	Голубой	СЗС17	1,4	2	2	2,5
Ж-1, 4 [×] (Y-1, 4 [×])	Желтый*	ЖС12	1,4	1,2	1	1
Ж-2 [×] (Y-2 [×])	Желтый	ЖС17	2	1,3	1,4	1
ЖЗ-1, 4 [×] (YG-1, 4 [×])	Желто-зеленый	ЖЗС5	1,4	1,2	1,4	1,2
ЖЗ-2 [×] (YG-2 [×])	Желто-зеленый	ЖЗС9	5,6	5	4	3,5
К-5,6 [×] (R-5,6 [×])	Красный	КС11	4	4	4	4
Н-4 [×] (N-4 [×])	Нейтрально-серый	НС8	2,8	2	2	1,5
0-2,8 [×] (0-2,8 [×])	Оранжевый	ОС12	1,1	1,1	1,1	1,1
УФ-1 [×] (UV-1 [×])	Ультрафиолетовый	ЖС10	2	1,5	2	1,5

* Светлый.

Желтый фильтр Ж-1,4[×] светлый компенсационный. Для диаметров оправ до 54 мм толщина стекла 2 мм, при диаметрах от 57 до 100 мм — 3 мм. Дополнительный фильтру цвет — синий, синие лучи задерживает частично. Естественно выделяет облака на синем небе и тени на снегу при солнечном освещении. Эффективен при съемке в горах. Слегка высветляет желтые, оранжевые и красные цвета. Фильтр создает в изображении контраст между цветами синей и красной спектральных зон при дневном освещении. При свете ламп накаливания не эффективен. Кратность для ортохроматических слоев 3, изохроматических — 2.

Желтый фильтр Ж-2[×] средней плотности. Для диаметров оправ до 54 мм толщина стекла 2 мм, для диаметров от 57 до 100 мм — 3 мм. Дополнительный фильтру цвет — синий. Эффективнее фильтра Ж-1,4[×]. Кратность для ортохроматических слоев — 4, изохроматических — 3.

Желто-зеленый фильтр ЖЗ-1,4[×] светлый, компенсационный. Для всех диаметров оправ толщина стекла 2 мм. Дополнительный фильтру цвет — пурпурно-фиолетовый. Применение универсальное вследствие близости спектральной кривой к световой эффективности глаза (см. рис. 7). Хорошо пропускает желто-зеленые лучи, частично задерживает синие и красные. Правильно передает тональность зеленых и многокрасочных объектов. Хорошо выделяет облака в пейзажах и губы при портретной съемке, подчеркивает загоревшую кожу. Хорошо передает тени на снегу в безоблачный день. Предпочтителен перед другими цветными фильтрами при съемке с дневным освещением.

Желто-зеленый фильтр ЖЗ-2[×] компенсационный. Для всех диаметров оправ толщина стекла 2 мм. Эффективный универсальный фильтр

для исправления тоиальной передачи цветных объектов. Рекомендуются для применения в портретной съемке при естественном и искусственном освещении, а также для художественных работ, технической съемки цветных картин и рисунков при дневном среднем свете.

Оранжевый фильтр О-2,8 $\times$. Для диаметров оправ до 54 мм толщина стекла 2 мм, для диаметров от 57 до 100 мм — 3 мм. Дополнительный фильтру цвет сине-голубой. Эффективно притеняет синие и зеленые лучи, высветляет оранжевые и красные. Полностью гасит атмосферную дымку, выделяя удаленные предметы. Дает контрастное изображение. Находит применение в портретной фотографии для устранения веснушек и высветления смуглой кожи. Голубые глаза передаются преувеличенно темными, а светлые волосы почти белыми. При съемке пейзажей днем без облаков синее небо воспроизводит значительно темным. Применяется при репродукции синих рукописных текстов. Кратность для ортохроматических слоев 12.

Красный фильтр К-5,6 $\times$ светлый. Для диаметров оправ до 54 мм толщина стекла 2 мм, для диаметров от 57 до 100 мм — 3 мм. Дополнительный фильтру цвет — голубой. Синие и зеленые цвета передает очень темными, а красные очень светлыми. Применяется при дневном освещении для получения эффекта лунной ночи. При безоблачном небе эффектно передает в изображении светлые архитектурные сооружения и заиженные ветви деревьев на фоне черного неба. Полностью устраняет веснушки на изображении лица и сильно высветляет загоревшую кожу. При обычных съемках не применяется из-за искажений визуальных яркостей объекта.

Нейтрально-серый фильтр Н-4 $\times$ плотный. Для всех диаметров оправ толщина стекла 2 мм. Применяется в трех случаях. *Первый* — для постоянно установленного диафрагмы: при необходимости уменьшения света с целью сохранения выбранной глубины резко изображаемого пространства; при необходимости удлинения выдержки для «смазки» в изображении движущихся объектов; при необходимости увеличения отверстия диафрагмы для повышения разрешающей способности. *Второй* — для обеспечения нормальных экспозиционных условий съемки с близких расстояний на чувствительных материалах при свете мощных импульсных ламп. *Третий* — при съемке в горах на цветную обрабатываемую пленку, поскольку фильтр является одновременно и ультрафиолетовым.

Ультрафиолетовый фильтр УФ-1 $\times$ светлый. Для диаметров оправ до 54 мм толщина стекла 2 мм, для диаметров от 57 до 100 мм — 3 мм. Предназначен для устранения воздействия на цветной и черно-белый фотоматериал невидимого ультрафиолетового излучения до 400 нм. Это воздействие на естественно повышенную чувствительность фотоматериала к УФ и синим лучам проявляется в пониженной резкости на пленке и излишней синеве на изображении цветных обрабатываемых пленок. Ультрафиолетовое излучение наиболее интенсивно в полуденные часы на море, в горах и на больших открытых пространствах. Стекло фильтра бесцветное и не требует увеличения экспозиции. Фильтр рекомендуется для постоянного совмещения его с объективом с целью предохранения передней линзы от внешних воздействий.

172. Поляризационные фильтры ПФ. Цифры после букв показывают диаметр резьбы фильтра в миллиметрах. Выполнены в двойной металлической оправе. Наружная оправка без стекла, крепится к объективу, вторая — поворотная со стеклом для вращения поляроида. Кратность фильтров для всех сортов и типов фотоматериалов порядка 3—4. Фильтры предназначены для частичного или полного гашения поляризованного света бликов, рефлексного света и эффектного выделения синего неба. Гашение производится вращением поляроида перед

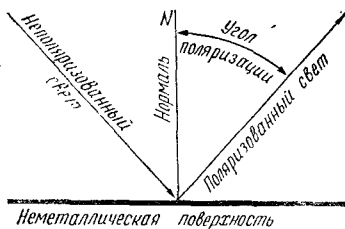
объективом. Прямой свет искусственных источников и Солнца не поляризован и не поддается гашению.

Падая на поверхности, свет может быть частично или полностью поляризован или совсем не поляризован. Степень поляризации зависит от показателя преломления вещества и угла падения света. Наибольшая поляризация для различных сред и тел происходит при разном угле к нормали поверхности (рис. 134).

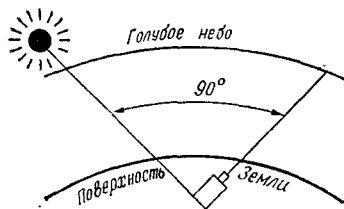
Угол полной поляризации некоторых веществ

Вещество	Угол к нормали	Угол к поверхности
Бумага глянцевая	52°	38°
Лед	52° 37'	37° 23'
Вода	53° 07'	36° 53'
Полированное дерево	53° 48'	36° 12'
Масляная краска	54° 10'	35° 50'
Эмаль	54° 30'	35° 30'
Глицерин	55° 30'	34° 30'
Оргстекло (плексиглас)	56° 10'	33° 50'
Стекло оконное	56° 20'	33° 40'
Стекло оптическое Кронглас	56° 42'	33° 18'
Кварц	57° 13'	32° 77'
Стекло оптическое Флинтглас	58° 47'	31° 13'
Алмаз	67° 31'	22° 29'

Свет голубого неба поляризуется на участках, находящихся под прямым углом к Солнцу. При угле около 0 и 90° свет неба не поляризуется (при низком Солнце утром, вечером и в зените).



а



б

Рис. 134. К определению угла поляризации:

а — от поверхности; б — от голубого неба

Применение ПФ устраняет блики с картин масляной живописи, выявляет фактуру предметов и повышает контрастность карандашных рисунков. При портретной съемке убирает блеск очков и блики от влажной кожи. В цветной фотографии передает цвет более насыщенным. Применение ПФ не эффективно при съемке против света, в стороне противоположной Солнцу и в пасмурный день. Два работающих совместно поляризационных фильтра позволяют плавно пропускать свет от нуля до максимума.

Поляризационные фильтры применяются в научных съемках, например, при изучении деформаций в прозрачных материалах по

методу фотоупругости. При сжатии исследуемого тела хорошо видны распределения внутренних напряжений.

173. Защитные и лабораторные светофильтры предназначены для создания неактиничного освещения при производстве (защитные) и обработке черно-белых и цветных фотокиноматериалов (лабораторные). Конструктивно фильтры состоят из двух сложенных вместе фотостекол, на внутреннюю поверхность которых нанесен слой окрашенной желатины, не содержащей серебра. Стекла окантованы полоской бумаги. В некоторых фильтрах для рассеяния света между пластинами проложена папиросная бумага или в желатину введено светорассеивающее вещество.

Фильтры предназначены для работы с лампами накаливания мощностью 25 Вт ($T_{\text{цф}}=2800\text{ K}$) при нормальном напряжении. Расстояние лампы от стекла фильтра в корпусе фонаря должно быть не менее 120 мм. При изготовлении или обработке некоторых типов цветных фотокиноматериалов в лабораторных и защитных фонарях применяются неоновые или натриевые лампы, дающие оранжевый или желто-зеленый свет соответственно.

В зарубежной литературе лабораторные фонари неактиничного света подразделяются на три группы: фонари для прямого освещения рабочего места с расстоянием фонаря до светочувствительного материала не менее 0,5 м; фонари для освещения рабочего места, отраженным от потолка или стен светом с расположением фонаря не ближе 2 м от светочувствительного материала; фонари различной конструкции и конфигурации для общего освещения помещения рассеянным светом с расстоянием не менее 2 м от рабочего места.

Фильтры для общего применения выпускаются размерами 9×12 , 10×15 и 13×18 см, для промышленных целей — 18×24 и 24×30 см.

Общие данные и оптические показатели лабораторных светофильтров

Фильтры выпускаются трех видов — лабораторные (ТУ 6-17-974—78), ФЛФ (ТУ 6-17-643—74) и защитные (ТУ 6-17-678—75). Срок службы не менее 1,5 г.

Лабораторные фильтры. Желтый — применяется для работы с бумагами Фотоконт, Йодоконт и несенсибилизированными коллоидными фотоземлями.

Оранжевый — применяется при работе с фотобумагами Унибром, Фотобром, Контатбром, Алюминфото и самовирирующимися.

Светло-красный — применяется при работе с диапозитивными фотопластинками, позитивными пленками и бумагами Новобром и Бромпортрет, а также с низкочувствительными ортохроматическими материалами.

Темно-красный — применяется для работы с изоортохроматическими материалами светочувствительностью не более 130 ед. ГОСТ, полутонными и штриховыми репродукционными фотопластинками и с фототехническими пленками типа ФТ.

Комплект светофильтров ФЛФ (фильтры лабораторных фонарей) состоит из трех фильтров под номерами 1, 2 и 3:

1 — красно-зеленый — для обработки черно-белых фотобумаг диапозитивных фотопластинок и денсифицированных изоортохроматических фотоматериалов.

2 — красно-зеленый — для обработки изоортохроматических фотоматериалов.

З — темно-зеленый — для обработки денсифицированных панхроматических и изопанхроматических фотоматериалов.

Защитные фильтры.

Желтый — применяется для работы с бумагами Фотоконт, Йодоконт и несенсибилизированными коллоидными фотоэмульсиями.

Зеленый — поглощает лучи короче 490 нм при максимуме пропускания в области 630 нм. Применяется при работе с панхроматическими фотопластинками светочувствительностью до 65 ед. ГОСТ.

1ц — светло-коричневый, **2ц** — коричневый — для работы с цветными фотоматериалами.

P-7 — светло-красный, **P-9** — темно-красный — для работы с черно-белыми бумагами.

103 — темно-зеленый — для изопанхроматических материалов.

104 — красно-коричневый — для несенсибилизированных материалов (фонограммных киноплёнок, диапозитивных фотопластинок, позитивных плёнок).

107 — темно-красный — для изоортохроматических материалов высокой чувствительности и рентгеновских плёнок.

113 — желто-зеленый — для черно-белых фотобумаг.

117 — желто-зеленый плотный, **118** — желто-зеленый светлый — для рентгеновских плёнок, ядерных и спектрофотографических пластинок и других специальных фотоматериалов.

124 — желто-зеленый — для рентгеновских материалов.

166 — коричнево-зеленый — для цветных позитивных материалов.

170 — темно-зеленый — для панхроматических фотокиноплёнок, цветных негативных и обращаемых фотоматериалов. При лампе мощностью 15 Вт в фонаре может применяться для обработки изопанхроматических материалов.

208 — темно-красный — для изохроматических и рентгеновских флюорографических материалов.

Спектральные характеристики лабораторных светофильтров

Фильтр	$\Delta\lambda$, нм*	$\lambda_{\text{макс}}$, нм**	$D_{\lambda_{\text{макс}}}^{***}$
Оранжевый	620—750	620	0,4 ... 0,5
Светло-красный	620—750	630±5	1,1 ... 1,2
Темно-красный	640—750	660±5	1,9 ... 2,1
1	510—750	610±2	1,15±0,2
2	600—660	620±2	2,2 ±0,2
3	520—600	560±2	2,2 ±0,2
1ц	580—615	600±2	—
2ц	575—660	600±2	—
P-7	600—750	630±2	0,3 ±0,1
P-9	600—750	635±2	1,5 ±0,2
103	515—550	530±2	3,6 ±0,2
104	580—650	605±2	1,7 ±0,2
107	600—750	640±4	1,7 ±0,2
113	550—620	573±2	1,4 ±0,2
117	545—603	573±2	1,7 ±0,2
118	545—670	575±2	0,85±0,2
124	550—610	570±2	1,45±0,2
166	565—622	585±2	3,0 ±0,2
170	505—560	535±2	4,2 ±0,2
208	620—750	660±2	3,4 ±0,2

* Область пропускания.

** Максимум пропускания.

*** Плотность при максимуме пропускания.

174. Компенсационные фильтры предназначены для коррекции — изменения спектрального состава излучения, падающего на светоприемник — фотопленку, за счет ослабления определенных спектральных составляющих этого излучения. В литературе встречаются два термина этих фильтров: *конверсионные* (от латинского *conversio* — превращение), значительно изменяющие цветовую температуру излучения, и *балансирующие*, приводящие цветность излучения к балансной норме цветного фотоматериала определенного типа.

ЛН и ДС (балансирующие, Мосфильм) — оранжевые и голубые. Изготавливаются стеклянными желатиновыми с размерами: 75×75 , 90×90 , 130×130 и 150×150 мм, и пленочными: 75×75 , 100×100 и 130×130 мм.

Оранжевые фильтры ЛН имеют три разные плотности: ЛН-1, ЛН-2 и ЛН-3, приводящие белый свет излучения с $T_{\text{цф}} = 5000 \dots 6000$ К к излучению с $T_{\text{цф}} = 3000 \dots 3300$ К.

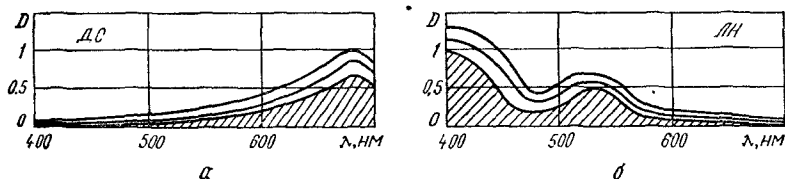


Рис. 135. Спектральные кривые конверсионных фильтров киностудии Мосфильм:

а — голубых; б — оранжевых

Голубые фильтры ДС имеют три разные плотности: ДС-1, ДС-2 и ДС-3, приводящие свет излучения ламп накаливания с $T_{\text{цф}} = 3200$ К к излучению с $T_{\text{цф}} = 5000 \dots 6000$ К (рис. 135, а, б).

20С-149 (компенсационные, ЦКБК) — комплект фильтров для цветной съемки на едином типе пленки (ЛН или ДС) при искусственном и естественном освещении. Поверхности стекол просветлены. Предназначены для работы при температуре от $+40$ до -40 °С в различных климатических условиях и при температуре 25 °С в условиях с относительной влажностью 98 %.

Оранжевые фильтры НЛН (Н — натура, ЛН — тип пленки) — для съемки при естественном освещении, приводят дневной свет с различной $T_{\text{цф}}$ к свету с $T_{\text{цф}} = 3200$ К.

Голубые фильтры ПДС (П — павильон, ДС — тип пленки) — для съемки при искусственном освещении, приводят свет различных ламп накаливания к свету с $T_{\text{цф}} = 5500$ К.

Нейтральные фильтры позволяют без изменения отверстия диафрагмы объектива изменять экспозицию от 1,4 до 16 раз.

Размеры фильтров: круглые диаметром 79 мм закреплены в оправках с присоединительной резьбой $M32 \times 0,75$; снабжены переходными кольцами для установки на объективах с резьбой $M52 \times 0,75$; $M62 \times 0,75$; $M86 \times 0,75$ и $M96 \times 0,75$; квадратные — 75×75 , 130×130 и 150×150 мм; прямоугольные — 180×130 мм.

175. Интерференционные стеклянные осветительные фильтры КИС (компенсационные интерференционные стекла) предназначены для киноосветительных приборов с $T_{\text{цф}} = 3200$ К с целью приведения излучения к $T_{\text{цф}} = 5500$ К. Выпускаются стеклянными круглыми и

квадратными выпуклой формы. Срок службы не менее 500 ч. Данные фильтров следующие:

Тип фильтра	Глубина вогнуто- сти, мм	Световой прибор
КИС-95	12—20	Луч-300М, Фара-6, Фара-9
КИС-220	30—40	Накал-2500, Заря-2000; КПЛ-25
КИС-280	30—40	Накал-2500, Заря-5000, КПЛ-35
КИС-420	40—50	Заря-10 000*, КПЛ-50
КИС-500	50—60	Заря-10 000**
КИС-220×260	30—40	Свет-2000М, Марс-3000
КИС-280×390	50—60	Свет-5000, Свет-10000

* С линзой 500 мм.

** С линзой 600 мм.

176. Киноосветительные цветные пленочные фильтры НИКФИ предназначены для установки на осветительные приборы для согласования разнородных по спектральному составу излучений при смешанном освещении объекта (компенсационные), ослабления излучения (нейтрально-серые) и получения эффектного цветного освещения (эффектные). При съемке днем в естественных интерьерах некоторые фильтры применяются для установки на всю площадь окна. Наиболее типичными объектами съемки, на которых появляется необходимость применения фильтров, являются:

естественный интерьер с окнами, в которые проникает дневной свет различных фаз (пасмурно, солнечно, свет неба в тени от Солнца), меняющийся в течение дня по цветофотографической температуре от 9000 — 10000 до 3800 К (стояние Солнца над горизонтом 10°). Фильтры необходимы для согласования $T_{цф}$ дневного света из окна со светом применяемых СП с $T_{цф} = 3200, 5500$ или 6700 К;

тот же естественный интерьер, окна которого перекрываются нейтрально-серыми фильтрами различной кратности для согласования интенсивности дневного освещения с интенсивностью света СП;

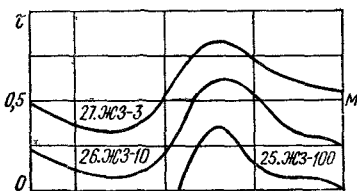
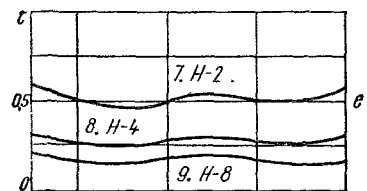
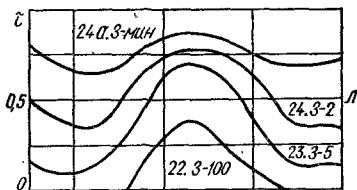
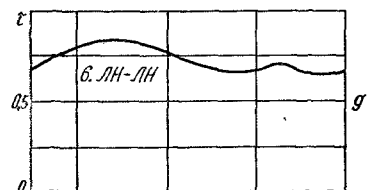
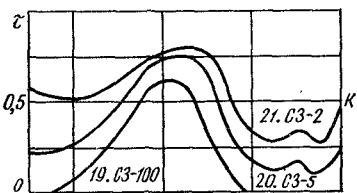
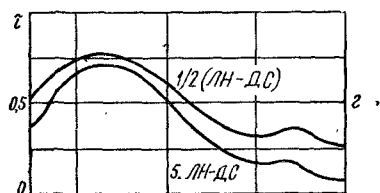
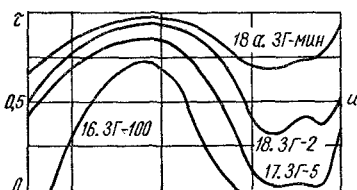
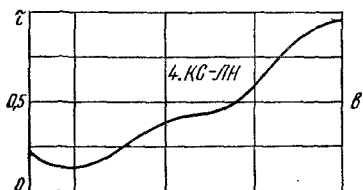
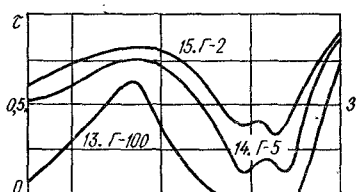
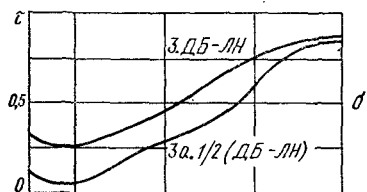
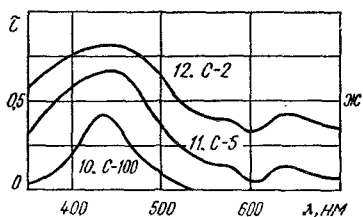
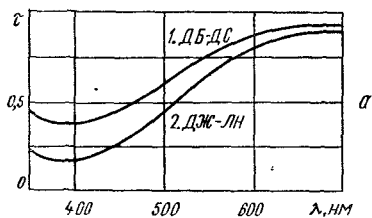
натурные объекты, освещаемые небом в теневой от Солнца стороне световыми приборами с различной $T_{цф}$.

Все киноосветительные фильтры НИКФИ оцифрованы порядковыми номерами и имеют буквенное обозначение. Изготавливаются на ацетилцеллюлозной пленке, покрытой окрашенной желатиной, форматом 600 × 580 мм или в рулонах шириной 580 мм, достаточной для установки на оконных проемах.

Срок службы при установке на СП с линзами Френеля или СП с зеркальными лампами не менее 3 ч, на открытых СП с галогенными лампами накаливания — не менее 2 ч. Годность фильтров, установленных на СП, определяется сравнением окраски их рабочей части с окраской участков, не подвергавшихся воздействию света (места под фильтродержателем).

177. Данные киноосветительных фильтров НИКФИ.

Компенсационные цветные фильтры НИКФИ являются единственным средством предотвращения появлений цветовых искажений, возникающих при освещении отдельных участков объекта съемки разнородными по спектру источниками света. *Обозначение* состоит из цифры (номер фильтра) и двух пар букв через дефис (марка); первая



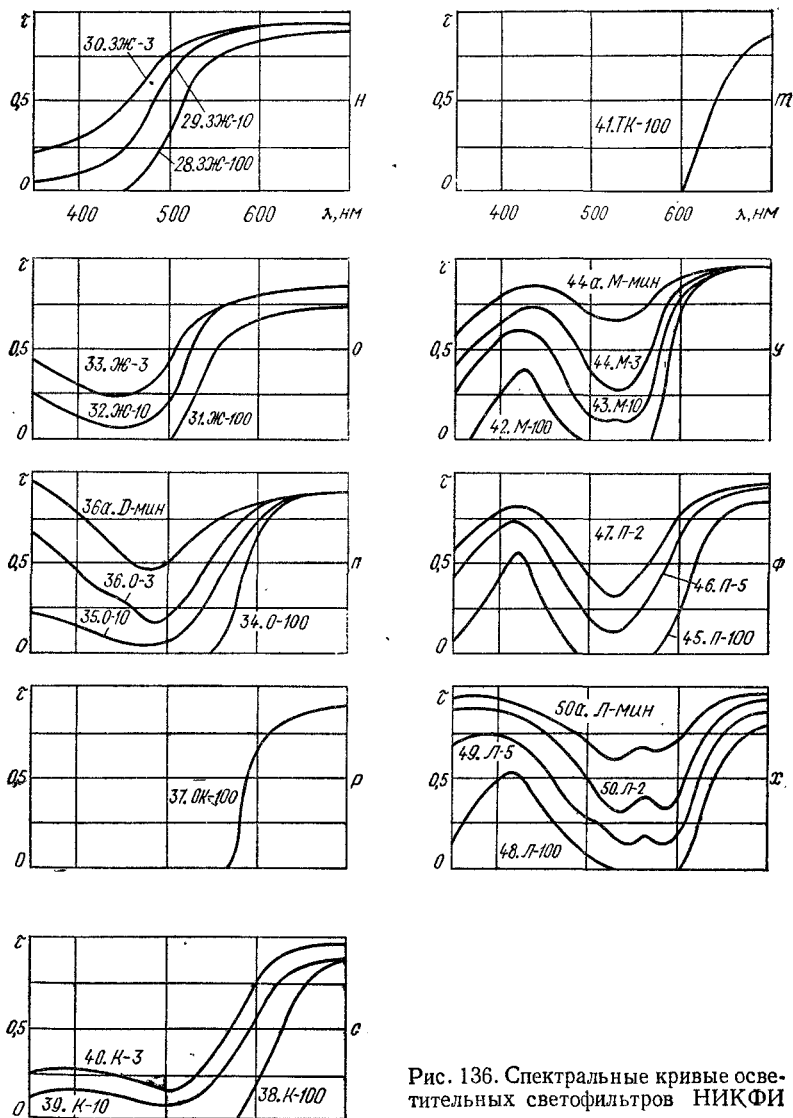


Рис. 136. Спектральные кривые осветительных светофильтров НИКФИ

пара указывает применяемый источник света, вторая — источник света, спектральный состав которого получается с применением данного фильтра. Пары букв обозначают: ДБ — дуга с белопламенными углями; ДЖ — дуга с желтопламенными углями; ДС — средний дневной свет; КС — ксеноновая лампа; ЛН — лампа накаливания.

Спектральные кривые фильтров показаны на рис. 136, а—х.

Фильтр	Цвет	τ	Рис. 136
1. ДБ-ДС	Бледно-желтый	0,8	<i>a</i>
2. ДЖ-ЛН	Желтый	0,65	<i>a</i>
3. ДБ-ЛН	»	0,42	<i>b</i>
3а. 1/2 (ДБ-ЛН)	»	0,6	<i>b</i>
4. КС-ЛН	»	0,47	<i>в</i>
5. ЛН-ДС	Голубой	0,34	<i>г</i>
5а. 1/2 (ЛН-ДС)	»	0,5	<i>г</i>
6. ЛН-ЛН	Бледно-голубой	0,72	<i>д</i>

Для приведения излучения к требуемому фильтры устанавливают на следующие световые приборы:

1. ДБ-ДС — прожекторы «Пламя» и КПД с белопламенными углями для приведения излучения к $T_{\text{цф}} = 5000...5500$ К;

2. ДЖ-ЛН — на тех же приборах с желтопламенными углями для приведения излучения к $T_{\text{цф}} = 3200...3250$ К;

3. ДБ-ЛН — на тех же приборах с белопламенными углями для приведения излучения к $T_{\text{цф}} = 3200...3250$ К. Применяется также для перекрытия оконных проемов съемочных помещений в пасмурную погоду и при натурных съемках с лампами накаливания днем в тени от Солнца;

3 а. 1/2 (ДБ-ЛН) — на те же приборы для приведения излучения к теплomu дневному свету с $T_{\text{цф}} = 4000$ К. Применяется также для перекрытия оконных проемов помещений при теплых фазах естественного света для съемок с лампами накаливания;

4. КС-ЛН — прожекторы с ксеноновыми лампами для приведения излучения к $T_{\text{цф}} = 3200...3250$ К. Применяется также для перекрытия оконных проемов помещений, в которые попадает прямой солнечный свет при съемках с лампами накаливания;

5. ЛН-ДС — на световые приборы с $T_{\text{цф}} = 3200$ К для приведения излучения к $T_{\text{цф}} = 5000...5500$ К;

5а. 1/2 (ЛН-ДС) — на те же приборы для приведения излучения к теплomu дневному свету с $T_{\text{цф}} = 4000$ К;

6. ЛН-ЛН — на световые приборы с $T_{\text{цф}} = 2900...3000$ К для приведения излучения к $T_{\text{цф}} = 3200...3250$ К.

Нейтрально-серые осветительные фильтры

7.Н-2 ($\tau = 0,5$); 8.Н-4 ($\tau = 0,25$); 9.Н-8 ($\tau = 0,125$) рис. 136, *e*, предназначены для ослабления света соответственно в 2, 4 и 8 раз при установке на световых приборах и оконных проемах съемочных интерьеров. Цифра после обозначения Н указывает кратность фильтра.

Цветные эффектные осветительные фильтры

Цветные фильтры, установленные на СП, позволяют повышать насыщенность цвета объектов или их притемнять, а также получать требуемые цвета для выражения эффектов света Луны, Солнца, лампы, свечи (табл. 13, рис. 136, *ж—х*). Темные цвета малой насыщенности («грязные») можно получать применяя сдвигивание фильтров (нейтрально-серых с цветными). При съемке на пленке типа ЛН и освещении лампами накаливания коричневый цвет на объекте можно получить сочетанием оранжевого фильтра 35.О-100 или 36. О-10 с нейтрально-

13. Цветные эффективные осветительные фильтры НИКФИ (τ для света с $T_{\text{цф}} = 3200 \text{ К}$)

Фильтры (рис. 136)	$\Delta\lambda$, нм	Насыщенный		Средний		Бледный		Слабый	
		Марка	τ	Марка	τ	Марка	τ	Марка	τ
Синие, <i>ж</i>	350—500	10.С-100	0,02	11.С-5	0,21	12.С-2	0,45	—	—
Голубые, <i>з</i>	350—540	13.Г-100	0,08	14.Г-5	0,2	15.Г-2	0,55	—	—
Зелено-голубые, <i>и</i>	350—590	16.ЗГ-100	0,17	17.ЗГ-5	0,39	18.ЗГ-2	0,43	3Г-мин	0,6
Сине-зеленые, <i>к</i>	430—590	19.СЗ-100	0,26	20.СЗ-5	0,46	21.СЗ-2	0,49	—	—
Зеленые, <i>л</i>	480—590	22.З-100	0,17	23.З-5	0,54	24.З-2	0,67	З-мин	0,75
Желто-зеленые, <i>м</i>	480—635	25.ЖЗ-100	0,21	26.ЖЗ-10	0,52	27.ЖЗ-3	0,67	—	—
Зелено-желтые, <i>н</i>	480—700	28.ЖЗ-100	0,83	29.ЖЗ-10	0,89	30.ЖЗ-3	0,91	—	—
Желтые, <i>о</i>	510—700	31.Ж-100	0,66	32.Ж-10	0,77	33.Ж-3	0,81	—	—
Оранжевые, <i>п</i>	565—700	34.О-100	0,52	35.О-10	0,65	36.О-3	0,72	36а.О-мин	0,85
Оранжево-красный, <i>р</i>	580—700	37.ОК-120	0,3	—	—	—	—	—	—
Красные, <i>с</i>	600—700	38.К-100	0,12	39.К-10***	0,36	40.К-3	0,52	—	—
Темно-красный, <i>т</i>	625—700	41.ТК-100	0,8	—	—	—	—	—	—
Малиновые, <i>у</i>	360—460 и 590—700	42.М-100	0,3	43.М-10	0,46	44.М-3	0,55	44а.М-мин	0,8
Пурпурные, <i>ф</i>	350—480 и 590—700	45.П-100	0,02	46.П-5	0,4	47.П-2	0,48	—	—
Лиловые, <i>х</i>	350—470 и 635—700	48.Л-100	0,07	49.Л-5	0,19	50.Л-2	0,41	50а.Л-мин	0,7

* Визуальный коэффициент пропускания.

** Область спектрального пропускания.

*** t-озовый.

серым 8.Н-4 или 9.Н-8 соответственно, шоколадный — сочетанием пурпурного 47.П-5 или малинового 43.М-10 с теми же нейтрально-серыми.

Назначение цветных эффектных фильтров

Синие применяются для имитации лунного света. Незначительно повышают насыщенность синих элементов съёмочного объекта и притемняют красные и коричневые.

Голубые — для имитации лунного света и подсветки «холодных» теней. Незначительно повышают насыщенность голубых элементов объекта и притемняют желтые.

Зелено-голубые — для подсветки «холодных» теней. Незначительно повышают насыщенность зелено-голубых элементов объекта и притемняют желтые, оранжевые и красные.

Сине-зеленые — для имитации лунного света и подсветки «холодных» теней. Незначительно повышают насыщенность некоторых зеленых цветов и притемняют желтые и оранжевые.

Зеленые — для имитации рефлексов от зеленых предметов. Незначительно повышают насыщенность цвета некоторых типов зелени и притемняют пурпурные цвета.

Желто-зеленые — для имитации рефлексов от зеленых предметов. Незначительно притемняют фиолетовые, синие, голубые и темно-красные элементы съёмочного объекта.

Зелено-желтые — незначительно повышают насыщенность цвета зеленых, желтых, оранжевых и красных элементов съёмочного объекта и притемняют фиолетовые и синие цвета.

Желтые — для имитации прямого солнечного света и рефлексов от белых поверхностей, освещенных Солнцем (33.Ж-3). Незначительно притемняют фиолетовые и синие предметы съёмочного объекта.

Оранжевые — для имитации света ламп накаливания с $T_{цф} = 2850$ К. Незначительно повышают насыщенность цвета оранжевых и красных элементов съёмочного объекта. Незначительно притемняют фиолетовые, синие и голубые цвета.

Оранжево-красный — для имитации света керосиновых ламп и свечей. Несколько повышает насыщенность цвета красных элементов съёмочного объекта.

Красные — для имитации солнечного диска при восходе и заходе, имитации света костра, камина, свечей. Несколько повышают насыщенность цвета красных элементов съёмочного объекта.

Темно-красный — для различных цветовых эффектов.

Малиновые — для различных цветовых эффектов. Незначительно повышают насыщенность цвета фиолетовых и красных элементов съёмочного объекта и притемняют зеленые цвета.

Пурпурные — для подсветки задних планов рисованных декораций (снежных далей) и для имитации сумеречного освещения летом (47.П-2). Несколько притемняют объекты съемки.

Лилые — для имитации сумеречного освещения зимой. Несколько притемняют зеленые цвета съёмочного объекта.

178. Съёмочные кинооператорские фильтры (Мосфильм) выполняются нанесением желатины на стекло, триацетатную пленку и отдельные желатиновыми пленками — фольгами толщиной 0,05—0,1 мм. Стекланные и пленочные изготавливаются трех видов — сплошными (равноплотными), оттененными (разноплотными и равноплотными) и комбинированными (двухцветными). Предназначены для создания различных световых эффектов при художественных съемках. Фо-

лиевые фильтры применяются для вырезывания различных фигур и наклеек на стекло перед объективом съемочной камеры, а также для перекрытия различных участков объекта в кадре с целью регулировки их цветности или яркости. Размеры, мм: 75×75 , 90×90 , 130×130 , 150×150 , 75×120 , 90×120 , 130×180 .

Сплошные фильтры Ч (равноплотные, рис. 137, а—е) обладают одинаковой плотностью по всей площади фильтра. Обозначение состоит из буквы Ч (черно-белой съемки) и буквы или букв через дефис — первой или первых букв названий цвета. Цифра в конце обозначения указывает на характер спектральной кривой фильтра (границу раздела).

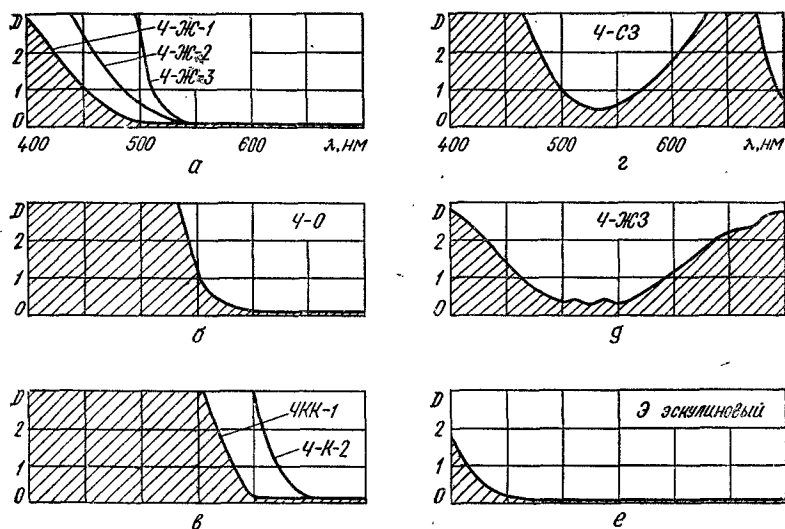


Рис. 137. Спектральные кривые сплошных съемочных кинооператорских фильтров для черно-белой съемки

Оттененные черно-белые фильтры ЧО имеют нижнюю часть стекла (половину или треть) прозрачную, верхнюю часть — равноплотную, серую или цветную, с плавным переходом от D_0 до конечной плотности у верхнего края стекла $D_{\text{макс}}$, или плавным переходом от максимальной плотности в середине фильтра к нулевой у верхнего края стекла. Применяются для снижения освещенности или изменения тональности изображения части кадра в целях достижения необходимого художественного эффекта и в случае темного переднего плана при ярком небе.

Обозначение состоит из двух групп букв: *первая* — буквы ЧО (черно-белой съемки оттененный), *вторая* — начальные буквы цвета. Цифра показывает характер спектральной кривой (границу раздела). Оттененные фильтры ЧО имеют спектральные характеристики, аналогичные сплошным одноименным по цвету фильтрам и одинаковое с ними назначение. $D_{\text{макс}}$ фильтра ЧО соответствует плотности аналогичного фильтра Ч. Спектральные кривые фильтров Ч и ЧО показаны на рис. 137.

Данные сплошных и ступенчатых фильтров Ч и ЧО

Фильтр	Цвет	D	Рис. 137
Ч-Ж-1, ЧО-Ж-1	Желтый слабый	0,1	<i>a</i>
Ч-Ж-2, ЧО-Ж-2	» средний	0,13	<i>a</i>
Ч-Ж-3, ЧО-Ж-3	» плотный	1,0	<i>a</i>
Ч-О, ЧО-О	Оранжевый плотный	0,34	<i>б</i>
Ч-К-1, ЧО-К-1	Красный средний	0,53	<i>в</i>
Ч-К-2, ЧО-К-2	» плотный	1,2	<i>в</i>
Ч-СЗ, ЧО-СЗ	Сине-зеленый средний	0,5	<i>г</i>
Ч-ЖЗ, ЧО-ЖЗ	Желто-зеленый средний	0,4	<i>д</i>
Э (эскулиновый)	Красно-коричневый слабый	0,1	<i>е</i>

Назначение сплошных и оттененных фильтров Ч и ЧО

Ч-Ж-1 — поглощает лучи синей зоны спектра, применяется при высокой насыщенности цвета неба.

Ч-Ж-2 — поглощает лучи синей зоны спектра с небольшим поглощением в зеленой, применяется при средней насыщенности неба.

Ч-Ж-3 — поглощает лучи синей и части зеленой зоны спектра, применяется при слабой насыщенности цвета неба.

Ч-О — поглощает лучи синей половины зеленой зоны спектра, применяется при слабо выраженном цвете неба.

Ч-К-1 — поглощает лучи синей и большей части зеленой зоны спектра, применяется для воспроизведения эффектов утра и вечера при съемках и в нережимное время.

Ч-К-2 — поглощает лучи синей, зеленой и небольшой части красной зоны спектра, применяется для дневных съемок «под ночь» и воспроизведения эффектов утра и вечера.

Ч-СЗ — поглощает лучи части синей и части красной зон спектра, применяется для высветления зелени при средней насыщенности цвета неба.

Ч-ЖЗ — поглощает лучи части синей и части красной зон спектра, применяется для высветления зелени, улучшения тональности воды и неба слабой насыщенности, полезен при портретной съемке.

Э (эскулиновый). Название происходит от английского слова Skylight — свет неба. Поглощает лучи ближней УФ и части синей зоны спектра, применяется для устранения действия УФ радиации на область естественной светочувствительности галоидного серебра фотоматериалов при съемке в горах, снежных объектов и больших водных пространств в ясный безоблачный день.

Оттененные фильтры для цветной съемки ЧО имеют оптическую плотность, нарастающую от нижнего края стекла ($D = 0$) до максимальной у верхнего ($D_{\text{макс}}$). Плавное нарастание плотности начинается с одной трети длины стекла. Предназначены для работы с пленками ДС и применяются с целью улучшения или изменения цветовоспроизведения для достижения художественной выразительности изображения. Спектральные кривые фильтров ЧО приведены на рис. 138, *a—л*.

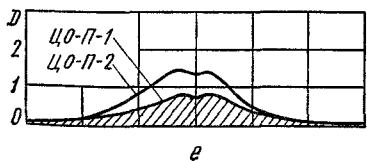
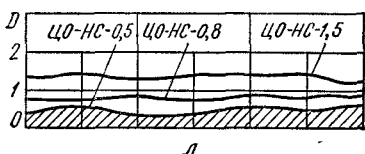
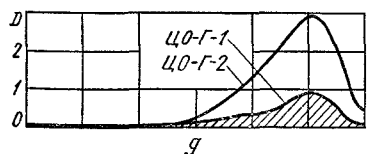
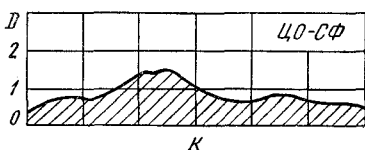
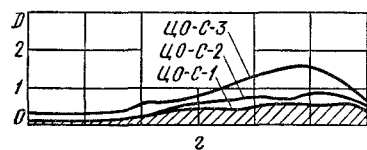
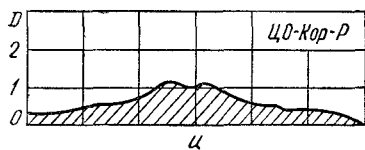
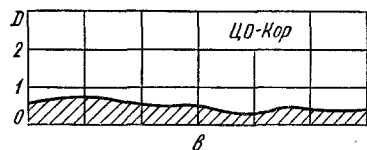
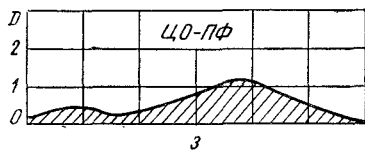
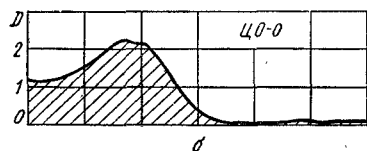
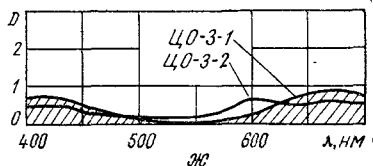
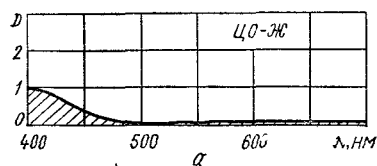


Рис. 138. Спектральные кривые оттененных съемочных кинооператорских фильтров для цветной съемки

Данные цветных оттененных фильтров ЦО

Фильтр	Цвет	$D_{\text{макс}}$	Рис. 138
ЦО-Ж	Желтый	0,5	<i>а</i>
ЦО-О	Оранжевый	0,22	<i>б</i>
ЦО-Кор	Коричневый	0,7	<i>в</i>
ЦО-С-1	Синий слабый	0,2	<i>г</i>
ЦО-С-2	» средний	0,7	<i>г</i>
ЦО-С-3	» плотный	1,53	<i>г</i>
ЦО-Г-1	Голубой средний	0,9	<i>д</i>
ЦО-Г-2	» плотный	1,3	<i>д</i>
ЦО-П-1	Пурпурный слабый	0,2	<i>е</i>
ЦО-П-2	» плотный	1,3	<i>е</i>
ЦО-З-1	Зеленый средний	0,6	<i>ж</i>
ЦО-З-2	» плотный	0,9	<i>ж</i>
ЦО-ПФ *	Пурпурно-фиолетовый плотный	1,1	<i>з</i>
ЦО-Кор *	Коричнево-розовый »	1,1	<i>и</i>
ЦО-СФ *	Сине-фиолетовый »	1,4	<i>к</i>
ЦО-НС-0,5	Нейтрально-серый слабый	0,5	<i>л</i>
ЦО-НС-0,8	» » средний	0,8	<i>л</i>
ЦО-НС-1,5	» » плотный	1,5	<i>л</i>

* Фильтры составляют комплект для создания эффектов вечера и ночи при художественных съемках.

Назначение цветных оттененных фильтров ЦО

ЦО-Ж — поглощает лучи синей зоны спектра, применяется при натурных съемках для улучшения цветопередачи зелени, водных пространств, объектов теплых тонов и для «подкраски» спелой ржи и пшеницы.

ЦО-О — поглощает лучи синей и части зеленой зоны спектра, применяется при эффектных съемках в режимное время для оттенения неба. При съемке на пленках ЛН в яркий солнечный день значительно притемняет и изменяет цвет неба с воспроизведением вечернего эффекта.

ЦО-Кор поглощает лучи синей и большую часть зеленой зоны спектра, применяется для притемнения верхней части кадра в паре с фильтрами ЦО-ПФ, ЦО-КорР, ЦО-СФ и другими, может применяться в качестве нейтрально-серого с теплым оттенком.

ЦО-С-1, ЦО-С-2, ЦО-С-3 — комплект синих фильтров, применяется для вечерних эффектных съемок в сочетании с нейтрально-серыми фильтрами, изменяет цвет неба и водных пространств.

ЦО-Г-1, ЦО-Г-2 — комплект голубых фильтров, применяется в натурных съемках для улучшения цвета неба и водных пространств на общих и средних планах, снижает насыщенность цвета неба и естественной зелени. Для эффектных съемок применяется в сочетании с другими фильтрами.

ЦО-П-1, ЦО-П-2 — комплект пурпурных фильтров, применяется для изменения цвета или эффектной «подкраски» неба и водных пространств, для изменения цветности отдельных элементов портрета и костюма, а также для эффектных съемок совместно с другими фильтрами.

ЦО-З-1, ЦО-З-2 — комплект зеленых фильтров, применяется для улучшения цветности воды и зелени, в некоторых случаях при съемке портретов.

ЦО-ПФ, ЦО-КорР, ЦО-СФ — комплект фильтров для создания эффектов вечера и ночи при художественных съемках.

ЦО-НС-0,5, ЦО-НС-0,8, ЦО-НС-1,5 — комплект нейтрально-серых фильтров для уменьшения светового потока с целью увеличения отверстия диафрагмы съемочной камеры.

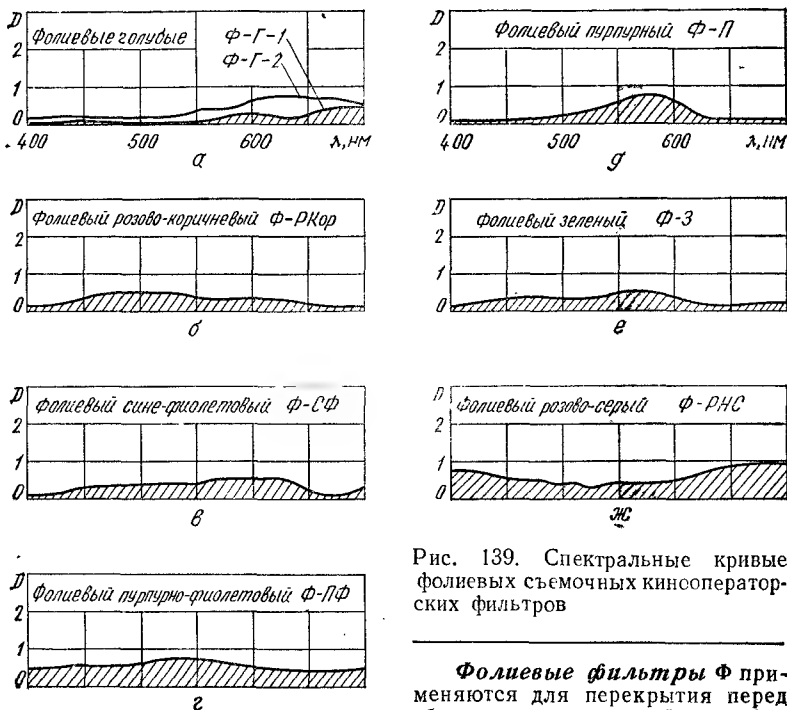


Рис. 139. Спектральные кривые фovieвых съемочных кинооператорских фильтров

какого-либо элемента объекта в кадре с целью регулирования его цветности или яркости. Спектральные кривые показаны на рис. 139, а—ж.

Фovieвые фильтры Ф применяются для перекрытия перед объективом съемочной камеры

Фильтр	Цвет	Рис. 139
Ф-Г-1, Ф-Г-2	Голубые	а
Ф-РКор	Розово-коричневый	б
Ф-СФ	Сине-фиолетовый	в
Ф-ПФ	Пурпурно-фиолетовый	г
Ф-П	Пурпурный	д
Ф-З	Зеленый	е
Ф-РНС	Розово-нейтрально-серый	ж

Специальные эффектньe фильтры СЭ применяются для получения эффектов ночи, вечера, раннего утра и других специальных эффектов при художественных съемках. Спектральные кривые показаны на рис. 140, а—г.

Фильтр	Цвет	Рис. 140
СЭ-С Кор	Сине-коричневый	а
СЭ-СНС	Сине-нейтрально-серый	б
СЭ-Р *	Розовая полоска посередине стекла	в
СЭ-ОНС **	Оранжево-нейтрально-серый	г

* Комплект фильтров различной плотности для эффекта рассвета.

** Для эффекта вечера.

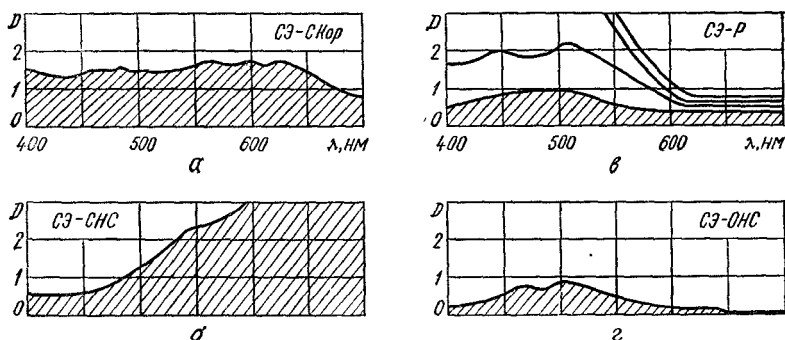


Рис. 140. Спектральные кривые специальных эффектных кинооператорских фильтров

Комбинированные фильтры ЧК (двухцветные для черно-белой съемки) состоят из двух склеенных стекол с цветными желатиновыми слоями различных спектральных характеристик. Один слой — сплошного цвета по всей площади одного стекла, другой слой на втором стекле окрашен наполовину площади. Их совмещение создает двухцветный фильтр с разными спектральными характеристиками при скачкообразном изменении цвета (резкая граница раздела). Фильтры можно переворачивать и получать обратно расположенные спектральные характеристики. Применение комбинированных фильтров в натуральных съемках дает различные изобразительные эффекты.

Обозначения состоят из двух групп букв: первая — ЧК (черно-белой съемки комбинированный), вторая — название цвета в первых буквах. Последующая буква указывает на характер спектральной кривой. Спектральные кривые показаны на рис. 141, а—з.

Фильтр	Цвет	Комбинация	Рис. 141
ЧК-ЖНС-1	Желто-серый	ЦО-Ж + 1/2 НС с $D = 0,6$	а
ЧК-ЖНС-2	» »	ЦО-Ж + 1/2 НС с $D = 0,9$	б
ЧК-ЖО	Желто-оранжевый	Ч-Ж-2 + 1/2 ЧО	в
ЧК-ЖЗ	» -зеленый	Ч-Ж-3 + 1/2 ЦО-З-1	г
ЧК-ЖК-1	» -красный	Ч-Ж-1 + 1/2 Ч-К-1	д
ЧК-ЖК-2	» »	Ч-Ж-1 + 1/2 Ч-К-2	е
ЧК-ОНС	Оранжево-серый	ЧО + 1/2 НС с $D = 1$	ж
ЧК-ОК	» -красный	ЦО + 1/2 Ч-К-1	з

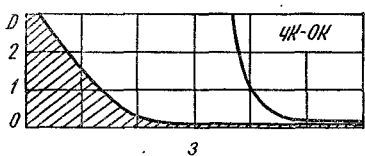
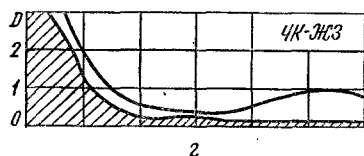
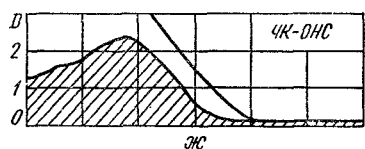
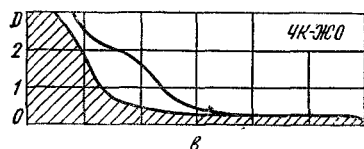
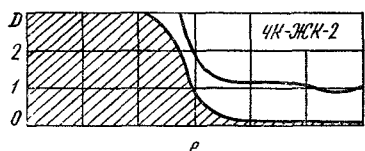
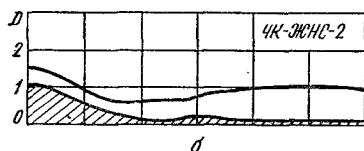
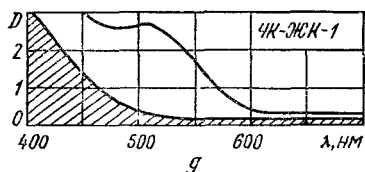
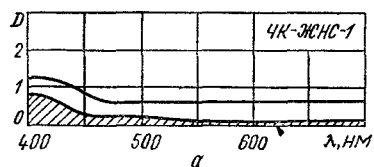


Рис. 141. Спектральные кривые комбинированных съемочных кинооператорских фильтров

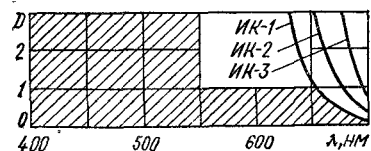
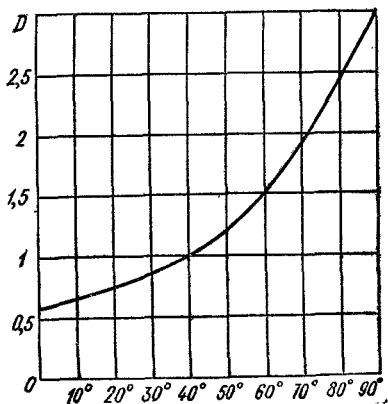


Рис. 142. Спектральные кривые инфракрасных кинооператорских фильтров

Рис. 143. Кривая возрастания плотности пары поляризационных фильтров при скрещивании плоскостей поляризации (поворот одного фильтра относительно другого до 90°)



Инфракрасные фильтры ИК предназначены для съемки на инфрахроматических материалах: ИК-1, ИК-2, ИК-3—фильтры с различной границей спектрального пропускания (рис. 142).

Поляризационные фильтры ФП представляют собой герпативную поляроидную пленку круглой формы диаметром 75 и 90 мм и квадратной размером 130 × 130 мм. Изменение плотности при вращении одного фильтра относительно другого (скрещивание плоскостей поляризации) показано на рис. 143.

Интерференционные фильтры ФИ применяются при цветных съемках для изменения цветности предметов, поляризующих свет. При изменении, например, цвета неба или воды цветность других предметов в кадре не изменяется. Размер квадратных фильтров 75 × 75 мм, диаметр круглых 75 и 90 мм.

Нейтрально-серые фильтры НС выполняются нанесением на стекло тонкого слоя желатины или в виде тонких желатиновых листов — фольги толщиной 0,05—0,1 мм трех видов: сплошные НС с различной степенью ослабления света, оттененные НСО с плавным изменением плотности и НССк — с резким (скачковым) изменением плотности. В области спектра 450—680 нм отступление от нейтральности для всех фильтров не превышает 4 %.

Комплект сплошных нейтрально-серых фильтров представляет собой ряд плотностей с константой $D = 0,3$: первый фильтр имеет $D = 0,1$; второй — $D = 0,3$; третий — $D = 0,6$ и далее через 0,3 до $D = 3$. Такой набор дает возможность изменять освещенность фотослоя ступенчато и кратно в два раза аналогично изменению отверстия диафрагмы. Оттененные фильтры НСО применяются для притемнения неба в верхней части изображения, позволяя получать его тон более темным, аналогично безоблачному небу в ясный солнечный день. Размеры фильтров, мм: 75 × 75, 75 × 90, 90 × 90, 90 × 120, 100 × 100, 130 × 130, 130 × 180, 150 × 150.

Зональные репродукционные фильтры Р (рис. 144) составляют комплект из девяти стеклянных желатиновых фильтров: Р-Кс — красный строго зональный; Р-К — красный; Р-КО — красно-оранжевый; Р-Жс — желтый строго зональный; Р-Зш — зеленый с широкой полосой пропускания; Р-З — зеленый; Р-Зс — зеленый строго зональный; Р-СФ — сине-фиолетовый; Р-Сс — синий строго зональный. Размеры фильтров, мм: 75 × 75, 100 × 100, 130 × 130.

Туманные фильтры Т представляют собой оптически мутную среду, поглощающую и рассеивающую проходящий свет. Предназначены для смягчения изображения, снижения контраста и получения эффекта тумана. Фильтры имеют пять степеней рассеяния проходящего света — от слабой до значительной, указанной цифрой в обозначении: Т-1 — слабый, Т-2 и Т-3 — средние, Т-4 и Т-5 — плотные. Выполняются нанесением на стекло желатинового слоя и подразделяются на сплошные и оттененные. Размеры, мм: 75 × 75, 75 × 120, 90 × 120, 130 × 130, 150 × 150.

Применение туманных фильтров должно быть изобразительно обосновано, в противном случае, например при съемке портрета, теряется пластичность, а снятый пейзаж приобретает ненужную задуманность. Рассеивающий фильтром свет дополнительно засвечивает фотоматериал, разбавляя цвета и накладывая на изображение вуаль. Черные поверхности выглядят грязными и замутненными, а белые лишаются легких оттенков и микротеней, определяющих фактуру поверхности.

Съемочные контрольные монохромные МК — специальные фильтры, выполненные с учетом кривой спектральной эффективности глаза и спектральной характеристики цветных негативных материалов.

Применяются для визуального контроля съемочного освещения и цветовоспроизведения. Подразделяются на синие и коричнево-желтые (рис. 145). Размер форматных фильтров до 130×180 мм, диаметр круглых 36 мм.

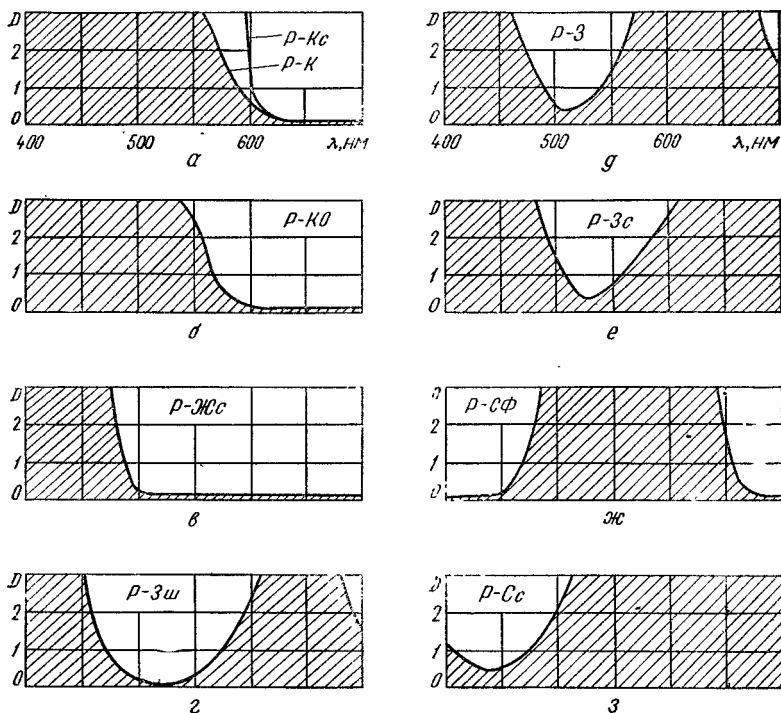


Рис. 144. Спектральные кривые репродукционных кинооператорских фильтров

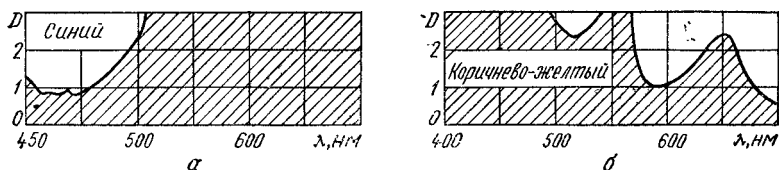


Рис. 145. Спектральные кривые съемочных контрольных кинооператорских монохромов:

а — синего; б — коричнево-желтого

179. **Корректирующие и мозаичные светофильтры** **субтрактивной печати.** **Корректирующие фильтры** образуют наборы стеклянных желатиновых фильтров трех дополнительных цветов — желтого, пурпурного и голубого, со строго обозначенными плотностями в процентах. Фильтр наибольшей плотности имеет $D = 0,333$ и принят за

100 %-ный. Фильтр наименьшей плотности $D = 0,016$ принят за 5 %-ный. Фильтр 10 %-ный имеет плотность $D = 0,033$. Три 100 %-ных фильтра — желтый, пурпурный и голубой при совмещении образуют нейтрально-серый цвет плотностью $D = 1$. Размеры, мм: 60×60 , 75×75 , 90×90 и 130×130 .

В набор корректирующих фильтров входят 33 фильтра по 11 фильтров каждого цвета с плотностями 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60,

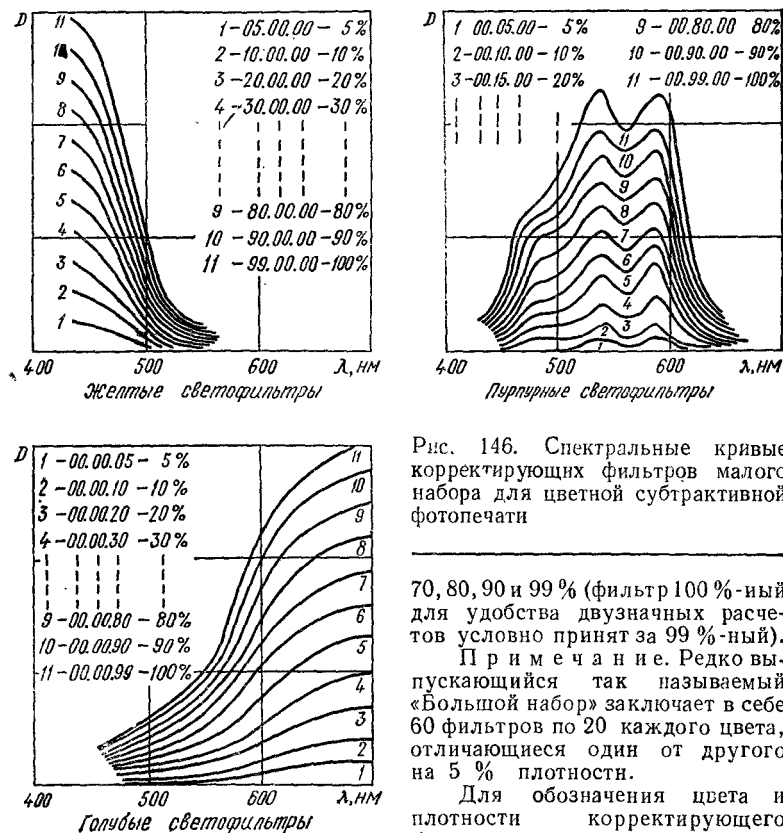


Рис. 146. Спектральные кривые корректирующих фильтров малого набора для цветной субтрактивной фотопечати

70, 80, 90 и 99 % (фильтр 100 %-ный для удобства двузначных расчетов условно принят за 99 %-ный).

Примечание. Редко выпускающийся так называемый «Большой набор» включает в себе 60 фильтров по 20 каждого цвета, отличающиеся один от другого на 5 % плотности.

Для обозначения цвета и плотности корректирующего фильтра принято шестизначное

число из трех пар цифр 00.00.00, или 000000. Первая пара цифр всегда обозначает % желтого цвета в фильтре, средняя пара цифр — % пурпурного, последняя пара цифр — % голубого. Пример обозначения: 99.00.00 — 100 %-ный желтый фильтр, 00.99.00 — пурпурный, 00.00.99 — голубой.

Спектральные кривые корректирующих фильтров показаны на рис. 146.

Для печати совмещаются только два каких-либо разноцветных фильтра. Например, набор $40.00.00 + 00.25.00 = 40.25.00$. При совмещении результирующий цвет (красный, зеленый или синий) образуется на нейтрально-серой плотности (рис. 147). Если совместить три фильтра разного цвета, то образуется дополнительная ней-

тально-серая плотность, величиной в процентах наименьшего цвета. Например, в наборе трех фильтров 60.10.45 дополнительная серая плотность образуется сочетанием 10.10.10, не влияющая на цветопередачу, а требующая дополнительного увеличения экспозиции. Цвет набранного тройного фильтра составляется двумя более плотными фильтрами с вычетом, в данном случае 10 % ($60 - 10 = 50$, $10 - 10 = 00$, $45 - 10 = 35$), т. е. 50.00.35.

Корректирующие фильтры могут применяться при цветной съемке с установкой их на объективе в качестве компенсационных для снижения эффективной светочувствительности отдельных слоев цветного материала и компенсирования небольшого различия цветности излучения.

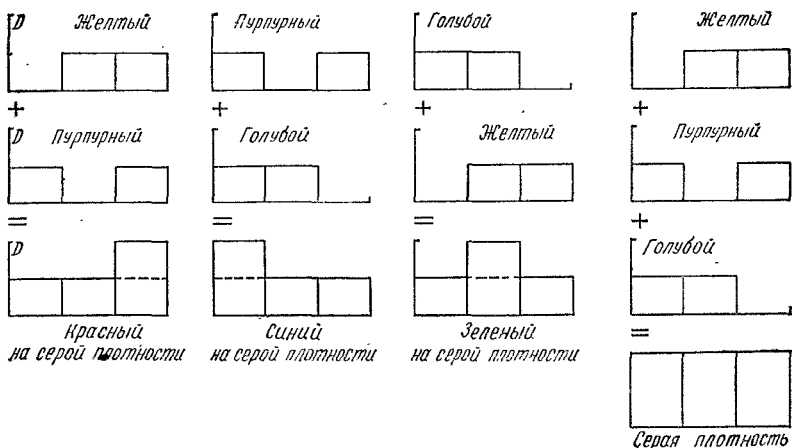


Рис. 147. Принципиальные схемы набора корректирующих субтрактивных фильтров

Мозаичные фильтры предназначены для определения условий цветокорректирования позитивных цветных материалов и рассчитаны на исправление цветоискажений корректирующими фильтрами, плотностью не более 100 %. В случае требуемой плотности фильтров более 100% совместно с мозаичным фильтром устанавливается дополнительный 100 %-ный фильтр одного или двух цветов.

Комплект мозаичных фильтров состоит из трех комбинированных стекол, содержащих по два желатиновых фильтра различного цвета и плотности: желтого с пурпурным, желтого с голубым и пурпурного с голубым. Мозаичный фильтр каждого цвета состоит из четырех полосок плотностью 25, 50, 75 и 100 % (рис. 148). Полоски одного цвета расположены перпендикулярно полоскам другого цвета и помещены между двумя прозрачными стеклами, образуя сочетание 25 клеточек — мозаику. Одна клетка — бесцветная с плотностью 00 %, расположена в верхнем углу стеклянного квадрата (обычно левом или правом) с какой-нибудь отметкой, например, черным треугольником. Другие 24 клетки двуцветны и отмечены шестизначным числом с указанием плотности каждого цвета по шестизначной системе.

Каждый мозаичный фильтр обозначен начальными буквами соответствующих цветов: Ж-П (желто-пурпурный), Ж-Г (желто-голубой)

и П-Г (пурпурно-голубой), нанесенными в угловых клетках по диагонали фильтра. Выбирается мозаичный фильтр по отпечатанной пробе с увеличенной сюжетно важной детали снимка (лица человека) размером не менее 130 × 130 мм. По преобладающему тону отпечатка выбирается мозаичный фильтр, после чего делается пробный отпечаток требуемого формата.

Пурпурный		Желтый					Клетка без фильтров						
Без фильтра		Без фильтра	Фильтр 25 %	Фильтр 50 %	Фильтр 75 %	Фильтр 100 %	ЖС				25%		
Фильтр 25 %												50%	
Фильтр 50 %													
Фильтр 75 %													75%
Фильтр 100 %													
										100%			

СВЕТОФИЛЬТРЫ КОДАК РЭТТЕН

181. Общая характеристика. Фильтры Кодак Рэттен выпускаются окрашенными органическими красителями в массе желатины в четырех исполнениях:

1 — желатиновые листки — фолли толщиной $0,1 \pm 0,01$ мм, покрытые лаком;

2 — желатиновые на триацетатной пленке толщиной $0,15 \pm 0,02$ мм, покрытые лаком;

3 — стеклянные с желатиной на одной стороне, покрытые лаком;

4 — стеклянные двусторонние с желатиной между стеклами, покрытые по периметру лаком.

Фолиевые фильтры делятся на две группы: фильтры Кодак СР для цветной печати и фильтры Кодак РС разноконтрастные.

Стеклянные и пленочные фильтры также делятся на две группы: фильтры Кодак Рэттен общего применения и фильтры Кодак СС цветокомпенсирующие (цветоуравнивающие).

Стеклянные фильтры не пропускают ультрафиолетовые лучи с длиной волны короче 330 нм, фолли требуют оберегания от механических воздействий и допускают работу при температуре окружающей среды не более 55 °С. При необходимости разрезания фолию помещают между двумя листами чистой бумаги с размеченным форматом и осторожно отрезают ножницами.

Фильтры Кодак обозначаются цифрами с буквенной модификацией и выпускаются трех форматов под номерами: номер 50 ($50,8 \times 50,8$ мм), 75 ($76,2 \times 76,2$ мм) и 100 ($101,6 \times 101,6$ мм). Спектральные кривые фильтров в порядке номеров показаны на рис. 149—154.

182. Классификация фильтров Кодак:

противоультрафиолетовые — 1А, 2А, 2В, 2С, 2Е;

черно-белая фотография — 6, 8, 11, 13, 15, 25, 29, 47В, 58;

инфракрасная фотография — 25, 29, 70, 87, 87А, 87В, 87С, 88А, 89В;

микрофотография — 11, 15, 22, 25, 29, 35, 45, 47, 58 и в сочетании: 15 + 58, 22 + 58, 35 + 45, 45 + 47, 45 + 49, 45 + 58;

выделение основных линий ртутного спектра — 18А, 22, 50, 74, 77, 77А;

зональные фильтры для цветовыделения — 25, 29, 58, 47, 61;

узкополосные фильтры — 70, 72В, 73, 74, 75, 76, 90;

фотометрические — 78, 78А, 78АА, 78В, 78С, 86, 86А, 86В, 86С;

конверсионные — 80А, 80В, 80С, 80; 85, 85В, 85С, 85N3, 85N6;

цветокорректирующие — 81, 81А, 81В, 81С, 81ЕL, 82, 82А, 82В, 82С;

фильтры для цветных денситометров — 92, 93, 94;

нейтрально-серые фильтры — 96;

аддитивная печать на цветной бумаге Эктаколор — 70, 98, 99;

субтрактивная печать — фильтры СР;

цветокомпенсирующие фильтры СС.

183. Стабильность фильтров Кодак. Органические красители фильтров не допускают относительно стабильную и длительную работу в экстремальных условиях эксплуатации. Под воздействием температуры, солнечной радиации и влаги красители со временем теряют свои спектральные свойства в различной степени.

Для выражения стабильности фильтры характеризуются устойчивостью к трем наиболее типичным условиям эксплуатации при съемках: 1 — воздействию солнечной радиации в тропиках; 2 — длитель-

ности эксплуатации в нормальных условиях; 3 — воздействию света мощных ламп накаливания. Эти последовательно приведенные условия выражаются тремя последовательно приведенными различными буквами стабильности, указанными на графиках спектральных кривых под обозначением фильтров (например ААА, ЕСА и др.).

Для определения устойчивости каждый фильтр на присутствие подвергается трем в указанной последовательности испытаниям посредством приборов, создающих эти условия: *первое испытание* — воздействие излучения мощного источника дневного света с повышенным содержанием УФ лучей в течение 15 сут (первая *порядковая* буква стабильности). *Второе испытание* — выдержка в течение 24 ч в приборе Fade Ometer — режим старения (вторая *порядковая* буква стабильности). *Третье испытание* — воздействие света лампы накаливания 1000 Вт на расстоянии 0,6 м от фильтра в течение 15 сут (третья *порядковая* буква стабильности).

Устойчивость фильтров к этим испытаниям — стабильность, обозначается буквами **А**, **В**, **С** и **Д**, показывающими степень отклонения полного спектрального пропускания от производственной нормы допуска $\pm 5\%$ (для нормальных условий эксплуатации):

А — стабильный фильтр, изменение полного спектрального пропускания до $\pm 2,5\%$ (общая неустойчивость до $(\pm 5\%) + (\pm 2,5\%) = \pm 7,5\%$);

В — относительно стабильный, изменение спектрального пропускания может отличаться от нормы, но быть не более $\pm 5\%$ (общая стабильность до $(\pm 5\%) + (\pm 5\%) = \pm 10\%$);

С — малостабильный, изменение спектрального пропускания до $\pm 15\%$ (общая стабильность до $(\pm 5\%) + (\pm 10\%) = \pm 15\%$);

Д — нестабильный, изменение спектрального пропускания более $\pm 15\%$ (общая стабильность более $(\pm 5\%) + (\pm 10\%) = \pm 15\%$).

Примеры обозначения стабильности. Фильтр со стабильностью **АВА** считается: устойчивым к воздействию солнечного света в тропиках с повышенным содержанием УФ лучей (буква **А** на первом месте обозначения стабильности, указывающем первое испытание); относительно устойчивым к длительной эксплуатации (буква **В** на втором месте обозначения, указывающим второе испытание); устойчивым к мощному свету ламп накаливания (буква **А** на третьем месте, указывающем третье испытание). Фильтр со стабильностью **ВДС** — относительно устойчив к солнечной радиации, недолговечен и мало устойчив к свету ламп накаливания.

Предельно устойчивые фильтры имеют стабильность **ААА**, предельно неустойчивые — **ДДД**.

184. Фильтры для выделения линий ртутного спектра кварцевых ламп позволяют выделять монохроматические и однородные излучения с длинами волн 398, 405, 408 нм и наиболее интенсивное излучение линии 436 нм сине-зеленого цвета («циановый» пик).

Фильтры	18А	22	50	74	77	77А
Основные линии, нм	310—390	577—578	436	546	546 (70%)	546 (50%)

Для фильтров 77 и 77А на графиках в скобках показаны уровни пропускания в процентах.

185. Фотометрические фильтры для конверсии цветовой температуры 2360 К эталонного источника света

Номер фильтра	Повышение $T_{цв}$	Число май- ред	Номер филь- тра	Повышение $T_{цв}$	Число май- ред
78	С 2360 до 5500 К	—242	86	С 5500 до 2360 К	+242
78AA	» 2360 » 4400 К	—196	—	—	—
78A	» 2360 » 3200 К	—111	86A	» 3200 » 2360 К	+111
78B	» 2360 » 2800 К	—67	86B	» 2700 » 2360 К	+67
78C	» 2360 » 2500 К	—24	86C	» 2500 » 2360 К	+24

186. Цветокорректирующие (конверсионные) фильтры для превращения и исправления цветности светового потока

$T_{цв}$ ис- ходного излуче- ния	Фильтр для получения $T_{цв}=3200\text{К}$	Фильтр для получения $T_{цв}=3400\text{К}$	$T_{цв}$ ис- ходного излуче- ния	Фильтр для получения $T_{цв}=3200\text{К}$	Фильтр для получения $T_{цв}=3400\text{К}$
6100	85B	85	3100	82	—
4140	—	81EF	3030	—	82
3970	—	81D	3000	82A	—
3850	81EF	81C	2950	—	82C
3800	81EF	81C	2900	82B	—
3740	—	81B	2870	—	82C + 82
3700	81D	—	2800	82C	—
3630	—	81A	2780	—	82C + 82A
3600	81C	—	2720	—	82C + 82A
3510	—	81	2700	—	82C + 82B
3400	81A	—	2650	82C + 82A	—
3300	81	—	2610	—	82C + 82C
3290	—	82	2570	82C + 82B	—
3200	—	82A	2490	82C + 82C	—
3180	—	82A			

187. Фильтры для получения нестандартного излучения

Исходная $T_{цв}$, К	Фильтр для получения $T_{цв}=3800\text{К}$	Фильтр для получения $T_{цв}=6100\text{К}$
3200	—	80A
3400	82B	80B
3800	—	80D или 80C
6100	85C	—

Степень раскрытия диафрагмы в делениях шкалы на объективе для компенсации количества поглощенного света при применении цветокорректирующих фильтров:

Фильтр	Число майред	Открытие диафрагмы	Фильтр	Число майред	Открытие диафрагмы
80D	—99	1 и 1/3	1/3	—18	1/3
80C	—99	1 и 1/3	82A	—32	2/3
80B	—130	1 и 2/3	82B	—45	2/3
80A	—148	2	82C	—55	1
81	+10	1/3	82+82C	—62	1
81A	+18	1/3	82A + 82C	—77	1 и 1/3
81B	+27	1/3	82B + 82C	—89	1 и 1/3
81C	+35	1/3	82C + 82C	+99	2/3
81D	+42	2/3	85C	+139	2/3
81EF	+53	2/3	85	+149	2/3
82	—10		85B		

188. Нейтрально-серые фильтры 96 представляют собой серию фоллий с 14 обозначенными величинами плотности. Желатина фильтра «0» красителя не имеет. Отклонение спектральной кривой от прямолинейности соответствует: для формата 50 — 5 %, для больших форматов — 10 %.

№ плот- ности, <i>D</i>	τ , %	№ плот- ности, <i>D</i>	τ , %
0*	90	0,7	20
0,1	80	0,8	16
0,2	63	0,9	13
0,3	50	1	10 **
0,4	40	2	1
0,5	32	3	0,1
0,6	25	4	0,01

* Без красителя.

** Кривая фильтра 96 на рис. 149.

189. Фильтры СР для субтрактивной цветной печати (пленочные): У — желтые, М — пурпурные, С — сине-зеленые (циановые) и R — красные. Фильтры СР предназначены для установки в копировальном аппарате между лампой и негативом, другие положения фильтров могут вносить искажения в цветопередачу. В комплект фильтров СР не входят фильтры голубого и зеленого цвета, а также фильтр СР2В со спектральной характеристикой фильтра 2В, служащий для поглощения УФ лучей.

Желтые	Пурпурные	Сине-зеленые	Красные	Плот- ность, <i>D</i>
СР-05У	СР-05М	СР-05С	СР-05R	0,05
СР-10У	СР-10М	СР-10С	СР-10R	0,1
СР-20У	СР-20М	СР-20С	СР-20R	0,2
СР-40У	СР-40М	СР-40С	СР-40R	0,4

190. Цветокompенсирующие фильтры СС для корректировки цвета на различных стадиях цветофотографического процесса. Применяются раздельно и в сочетании друг с другом.

В ниже приведенных данных фильтров СС оптическая плотность указана для длины волны максимального поглощения.

Красные	Открытие диафрагмы *	Зеленые	Открытие диафрагмы *	Синие	Открытие диафрагмы *	Оптическая плотность, <i>D</i>
СС-025R	—	—	—	—	—	0,025
СС-05R	1/3	СС-05С	1/3	СС-05В	1/3	0,05
СС-10R	1/3	СС-10С	1/3	СС-10В	1/3	0,1
СС-20R	1/3	СС-20С	1/3	СС-20В	1/3	0,2
СС-30R	2/3	СС-30С	2/3	СС-30В	2/3	0,3
СС-40R	2/3	СС-40С	2/3	СС-40В	2/3	0,4
СС-50R	1	СС-50С	1	СС-50В	1	0,5

* В делениях шкалы на объективе.

Желтые	Открытие диафрагмы *	Пурпурные	Открытие диафрагмы *	Голубые	Открытие диафрагмы *	Оптическая плотность, D
CC-025Y	—	CC-025M	—	CC-025C	—	0,025
CC-05Y	—	CC-05M	1/3	CC-05C	1/3	0,05
CC-10Y	1/3	CC-10M	1/3	CC-10C	1/3	0,1
CC-20Y	1/3	CC-20M	1/3	CC-20C	1/3	0,2
CC-30Y	1/3	CC-30M	1/3	CC-30C	2/3	0,3
CC-40Y	1/3	CC-40M	2/3	CC-40C	2/3	0,4
CC-50Y	2/3	CC-50M	2/3	CC-50C	1	0,5

* В делениях шкалы на объективе.

191. Зональные фильтры для выделения трех цветов

25 — красный (R)	}	Фильтры для освещения рабочих мест прямым светом
47B — синий (B)		
58 — зеленый (Y)		
29 — красный (R)	}	Фильтры для зонального выделения цвета на всех стадиях цветофотографического процесса
47B — синий (B)		
61 — зеленый (Y)		

192. Кратность некоторых фильтров Кодак для эмульсий различной сенсibilизации при свете с $T_{\text{цв}} = 5500$ и 2850 К

Фильтр	Цвет	Несенсибилизированная		Ортохром		Панхром	
		5500К	2850К	5500 К	2850К	5500К	2850 К
3	Желтый слабый	4	3	2	1,5	1,5	—
4	Желтый	8	5	2	1,5	1,5	1,5
6(K1)	Желтый слабый	4	3	2	1,5	1,5	1,5
8(K2)	Желтый	12	10	2,5	2	2	1,5
9(K3)	Желтый плотный	20	16	2,5	2	2	1,5
11(X1)	Желто-зеленый	—	—	—	—	4	3
12	Желтый	—	—	2,5	2,5	2	1,5
13(X2)	Желто-зеленый плотный	—	—	—	—	5	4
15G	Желтый плотный	—	—	5	3	3	2
23A	Красный слабый	—	—	—	—	6	3
50	Голубой плотный	—	—	—	—	20	40
25A	Красный	—	—	—	—	8	6
58	Зеленый	—	—	8	5	8	8
47B	Синий	—	—	6	8	8	16
29F	Красный плотный	—	—	—	—	25	12
61	Зеленый	—	—	—	—	12	12
47B	Синий	—	—	6	8	8	16

193. Назначение фильтров Кодак и спектральная характеристика. На графиках рис. 149 под цифровым обозначением фильтра указана его стабильность, выраженная буквами A, B, C и D (183).

0 — пропускает излучение с длинами волн от 240 нм и более.

1A — бесцветный антиультрафиолетовый — при цветных съемках уменьшает воздействие излучения синего неба в теневых от Солнца местах.

2A, 2B, 2C, 2E — антиультрафиолетовые — поглощают излучения соответственно до 405, 395, 290 и 415 нм.

3 — желтый светлый съёмочный (старое название Аэро № 1) — устраняет влияние атмосферной дымки при съёмке пейзажей на открытых пространствах и в горах.

3N5 — желтый плотный съёмочный — представляет собой фильтр № 3 с добавочной нейтрально-серой плотностью $D = 0,5$.

4 — желтый съёмочный — ориентировочная коррекция освещения от Солнца и неба при натуральных съёмках на панхроматических фотоматериалах.

6 — желтый светлый съёмочный (старое название K1) — частичная коррекция при натуральных съёмках на панхроматических материалах. Исправляет контраст при черно-белой репродукции с цветных оригиналов.

8 — желтый съёмочный (старое название K2) — коррекция при натуральных съёмках на панхроматических материалах. Предпочтительное применение — для улучшения передачи цвета неба, облаков, листьев. Исправляет контраст при черно-белой репродукции с цветных оригиналов. Двухцветное выделение совместно с фильтром 50.

8N5 — желтый плотный съёмочный — представляет собой фильтр 8 с добавочной плотностью $D = 0,5$.

9 — желтый плотный съёмочный (старое название K3) — получение среднего контраста на черно-белых панхроматических материалах. Исправляет контраст при черно-белой репродукции с цветных оригиналов.

11 — зеленый съёмочный (старое название X1) — правильно передает цвета на панхроматических материалах при освещении объекта лампами накаливания. Применяется для съёмки портретов при дневном свете. При темнеет голубое небо, высветляет зелёные листья. Исправляет контраст при черно-белой репродукции с цветных оригиналов. Применяется в микрофотографии.

12 — желтый зональный — поглощает лучи синей зоны спектра.

13 — зеленый (старое название X2) — коррекция на панхроматических материалах при освещении объекта лампами накаливания.

15 — желтый зональный плотный — пропускает лучи от 510 нм до ИК области спектра с полным поглощением лучей синей зоны. Натурные съёмки на панхроматических материалах. Цветовыделение при репродукции. Аэросъёмка на инфраматериалах. Двухцветное выделение совместно с фильтром 49. В микрофотографии увеличивает контраст между голубыми препаратами и фоном.

16 — желтый зональный плотный — поглощает лучи синей зоны спектра. Работа в комплекте с фильтром 12.

18A — стеклянный — поглощение видимой области спектра. Предназначен для выделения ближней УФ области спектра 310—390 нм. Выделяет 60 % основной линии 365 нм в спектре ртутных кварцевых ламп.

21 — оранжевый — поглощает синюю и сине-зеленую области спектра до 535 нм. Двухцветное выделение в комплекте с фильтром 45.

22 — желто-оранжевый — пропускает лучи от 550 нм до ИК области спектра. Выделяет желтые и более длинноволновые линии спектра ртутных кварцевых ламп в диапазоне 577—578 нм. Усиление контраста изображения при микросъёмках для отделения препаратов голубого цвета от фона. Двухцветное выделение в комплекте с фильтром 60.

23A — красный малоплотный — световые эффекты при двухцветной проекции.

24 — красный — двухцветная проекция с лампами накаливания. Трехцветная проекция с дуговыми лампами.

25А — красный (старое название А) — пропускает лучи от 590 нм до ИК области спектра. Непосредственное выделение цвета при трехцветной проекции. Инфрааэрофотографирование сквозь туман. Применение в микрофотографии для выделения препаратов, окрашенных в голубой метиленовый и зеленый метиловый.

26 — красный. Фильтр для анаглифных изображений в стереофотографии.

29 — красный плотный зональный резко выраженный (старое название F) — пропускает лучи от 610 нм до ИК области спектра. Зональное выделение в трехцветном процессе. Двухцветное выделение в комплексе с фильтром 44. Аддитивная трехцветная проекция с лампами накаливания. Применение в микрофотографии.

30, 31, 32, 33 — пурпурные — работа в комплексе, поглощают лучи зеленого цвета.

34 — фиолетовый — поглощает лучи зеленого цвета.

34А — фиолетовый — поглощает лучи зеленого цвета. Совместно с фильтром 47В создает жесткое выделение лучей синего цвета на негативной пленке Эктаколор.

35 — пурпурный — пропускает лучи от 320 до 470 нм и от 640 нм до ИК области спектра. Усиливает контраст изображения при микро съемке.

36 — фиолетовый плотный.

38 — зелено-голубой — поглощает лучи красного цвета.

38А — зелено-голубой — поглощает лучи красного цвета. Увеличивает контраст изображения желтых и оранжевых препаратов в микрофотографии.

39 — стеклянный — контрастное разделение при печати дубль-негативов (контратипов).

40 — зеленый — двухцветное выделение при лампах накаливания.

44 — зелено-голубой — поглощает лучи красного цвета. Визуальное наблюдение. Двухцветное выделение в комплексе с фильтром 29.

44А — зелено-голубой — поглощает лучи красного цвета.

45 — зелено-голубой — пропускает лучи от 430 до 540 нм. Увеличение контраста двухклеточных структур при микро съемке. Двухцветное выделение совместно с фильтром 21.

45А — зелено-голубой.

46 — синий — аддитивная трехцветная проекция.

47 — синий (старое название С5) — пропускает лучи от 370 до 510 нм. Избирательное выделение в трехцветном процессе. Двухцветное выделение совместно с фильтром 58.

47А — синий среднеплотный.

47В — синий — избирательное выделение в трехцветном процессе. Заменяет фильтры 47 и 49.

48, 48А — синие плотные — поглощают зеленые и красные лучи.

49, 49В — синие плотные (старое название фильтра С4) — зональное выделение в трехцветном процессе. Двухцветное выделение совместно с фильтром 15.

50 — синий плотный узкополосный — пропускает излучение УФ и фиолетовых малоинтенсивных линий 398, 405 и 408 нм и интенсивной линии 436 нм спектра ртутных кварцевых ламп. Выделяет узкую полосу спектра совместно с фильтром 8.

52 — зеленый малоплотный.

53 — зеленый среднеплотный.

54 — зеленый зональный плотный.

55 — зеленый. Фильтр для анаглифных изображений в стереофотографии.

56 — зеленый малоплотный.

57 — зеленый — избирательное выделение в двухцветном процессе.

57A — зеленый среднеплотный.

58 — зеленый (старое название В) — пропускает лучи от 480 до 620 нм. Избирательное выделение в трехцветном и двухцветном процессах. Повышение контраста в технической и микрофотографии (контрастный фильтр для препаратов слегка окрашенных в красный или розовый цвет).

59 — зеленый — трехцветная проекция при свете дуговых ламп.

59A — зеленый, малоплотный.

60 — зеленый — избирательное выделение в двухцветном процессе совместно с фильтром 22 при свете ламп накаливания.

61 — зеленый (старое название N) — избирательное выделение в диапозитивном трехцветном процессе на пленках Кодак Эктаколор. Трехцветная аддитивная проекция с лампами накаливания.

64 — сине-зеленый — слабое поглощение лучей красного цвета.

65, 65A — сине-зеленые — поглощают лучи красного цвета.

66 — зеленый светлый. Эффективное контрастирование объектов красного и розового цвета в медицинской фотографии и микрофотографии (иногда применяется вместо фильтра 78AA).

70 — красный плотный зональный фолиевый — цветная аддитивная печать на бумаге Кодак Эктаколор. Жесткое избирательное выделение на материалах Эктаколор при свете ламп накаливания.

72B — желто-оранжевый плотный фолиевый.

73 — желто-зеленый плотный фолиевый.

74 — зеленый плотный зональный фолиевый — выделение зеленых линий спектра ртутных кварцевых ламп: 10 % зеленой линии 546 нм и 0,2 % желтых линий 577 и 578 нм.

75 — сине-зеленый плотный.

76 — фиолетовый плотный многослойно-желатиновый стеклянный.

77, 77A (желатина помещена между двумя стеклами) — выделение в спектре ртутных кварцевых ламп спектральных зеленых линий 546 нм: фильтр 77 пропускает 74 % излучения зеленой линии и 0,5 % желтых линий; фильтр 77A пропускает 86 % зеленой линии и менее 0,5 % желтых линий. Для устранения красных линий спектра фильтры 77 и 77A совмещаются с фильтром 58.

78, 78A, 78AA, 78B, 78C — голубые фотометрические конверсионные.

79 — голубой сенситометрический конверсионный — повышение $T_{цф}$ с 2360 К до 5500 К.

80A — голубой конверсионный съемочный — повышение $T_{цф}$ с 3200 К до 5500 К.

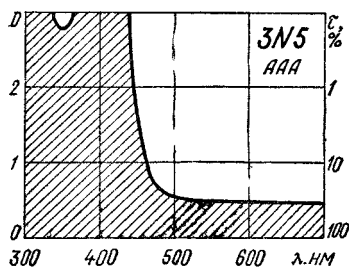
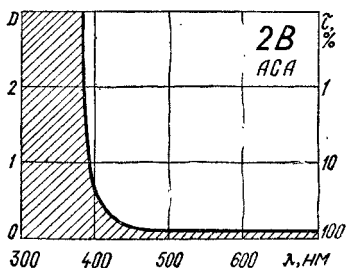
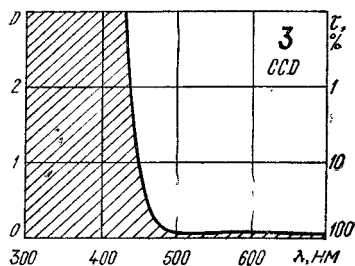
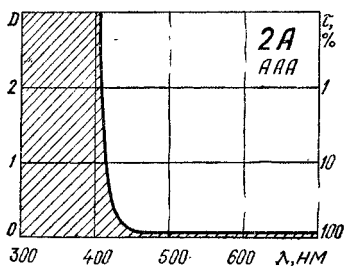
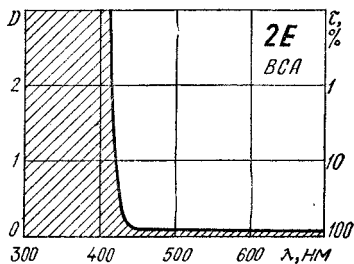
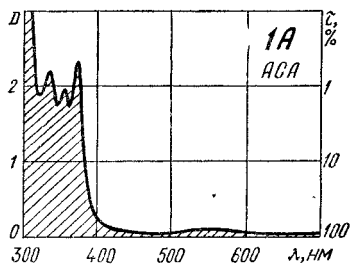
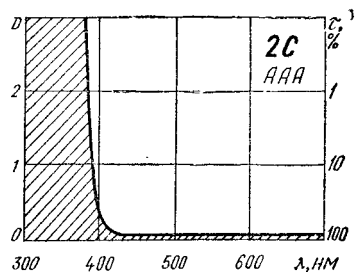
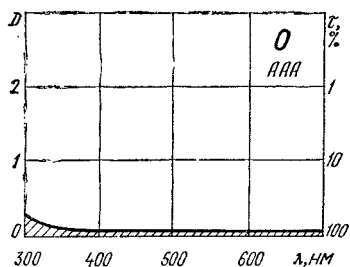
80B — синий конверсионный съемочный — повышение $T_{цф}$ с 3400 К до 3800 К.

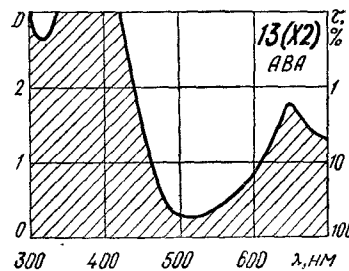
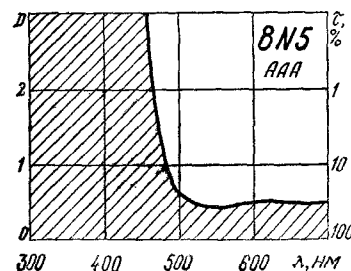
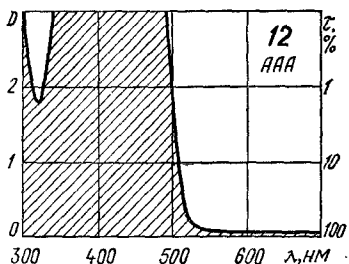
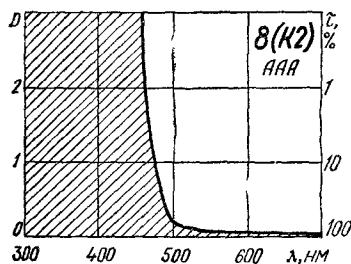
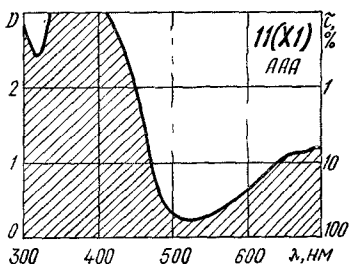
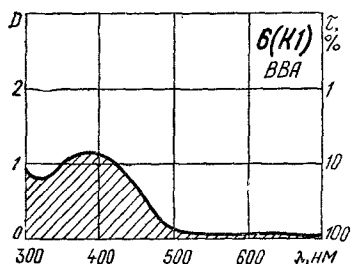
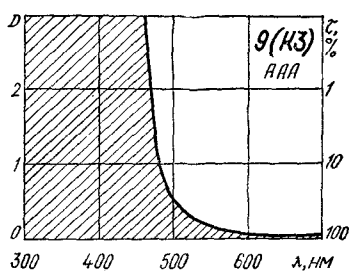
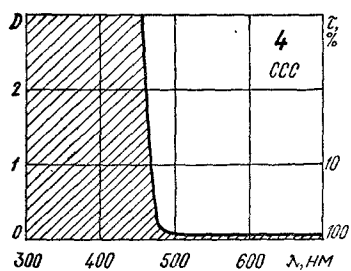
80C — синий конверсионный съемочный — повышение $T_{цф}$ с 3800 К до 6100 К.

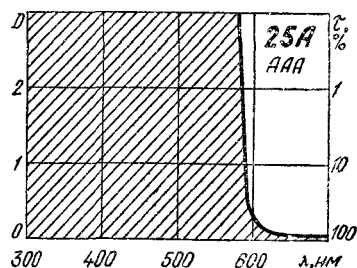
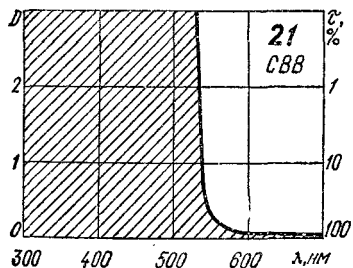
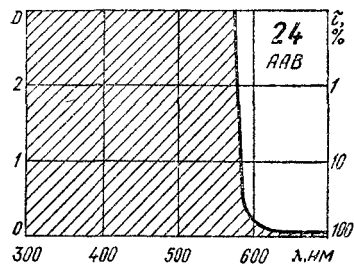
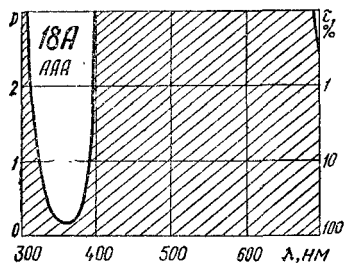
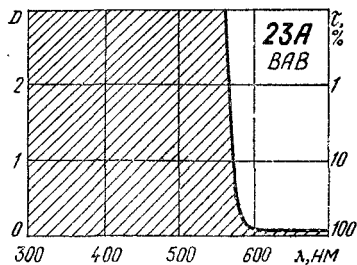
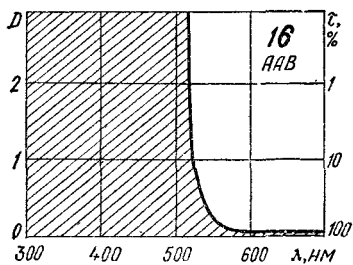
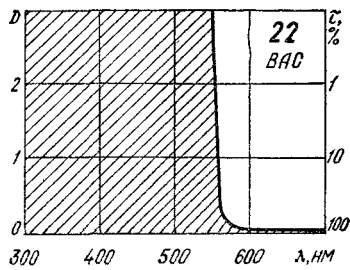
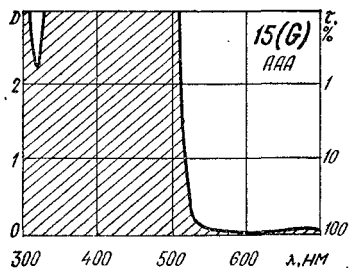
80D — синий конверсионный съемочный — повышение $T_{цф}$ с 3800 К до 6100 К.

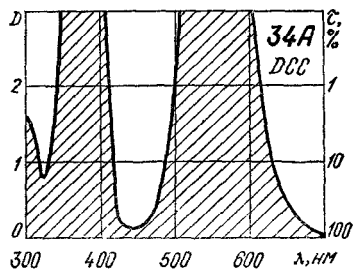
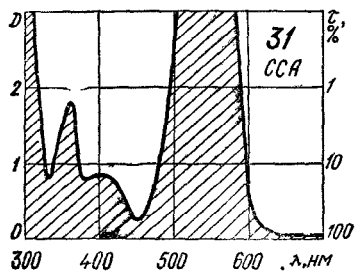
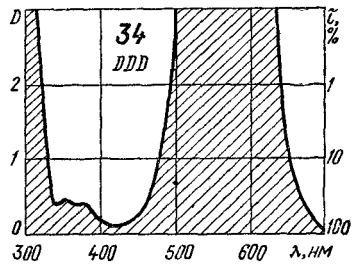
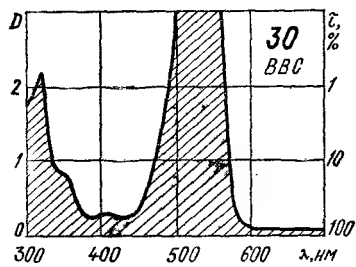
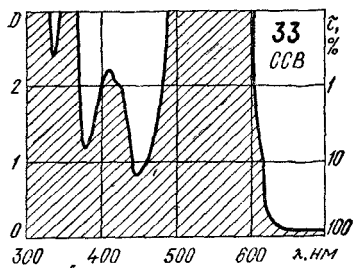
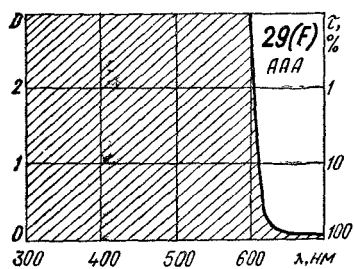
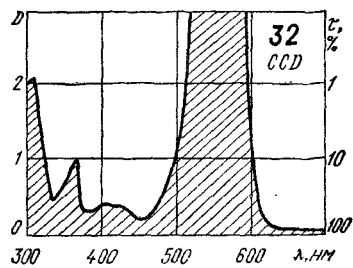
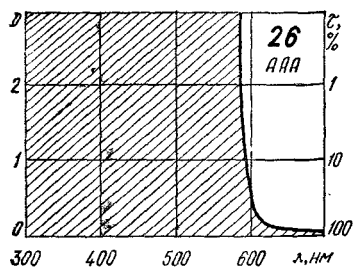
81 — желтоватый цветокорректирующий съемочный — придание теплоты цветному изображению.

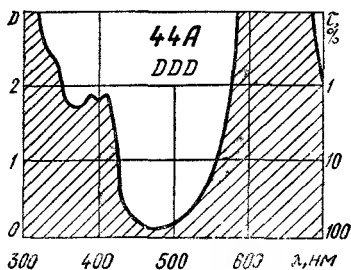
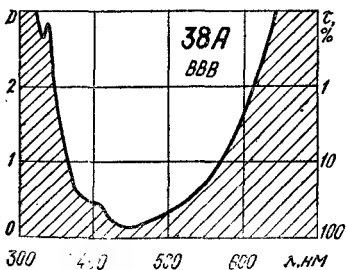
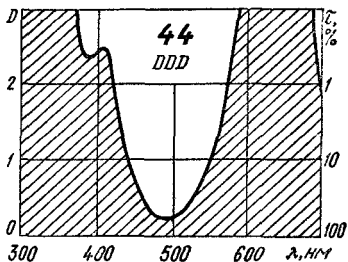
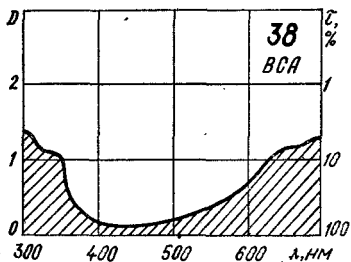
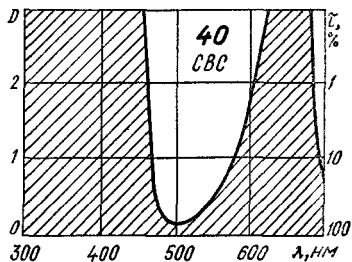
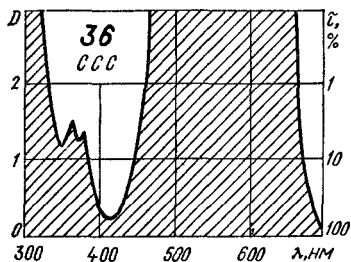
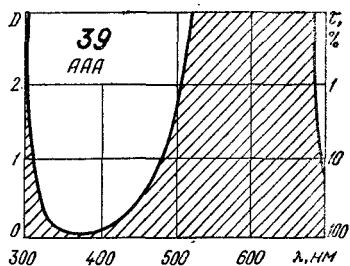
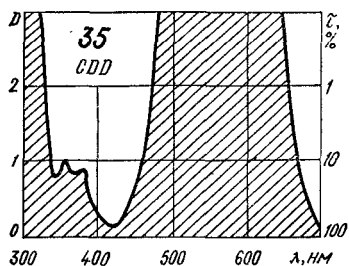
81A — желтоватый цветокорректирующий съемочный для пленок Кодак Эктахром тип В совместно с лампами-фотовспышками.

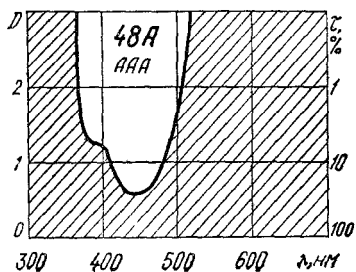
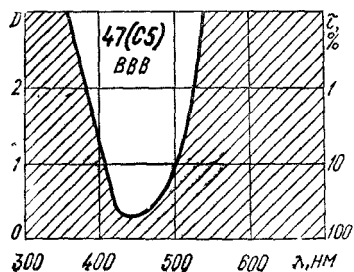
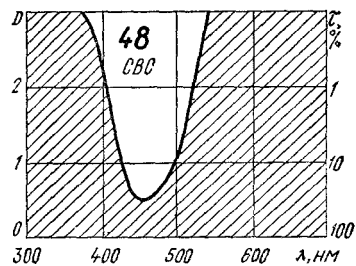
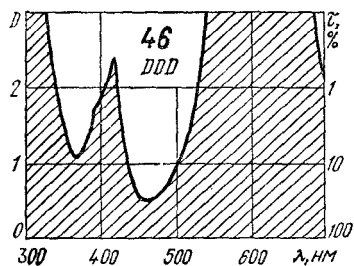
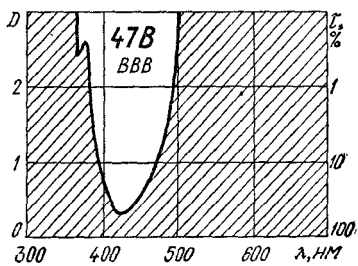
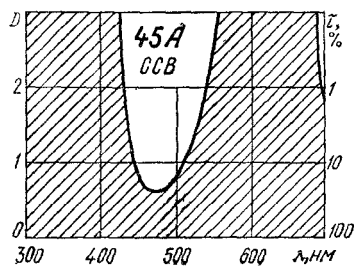
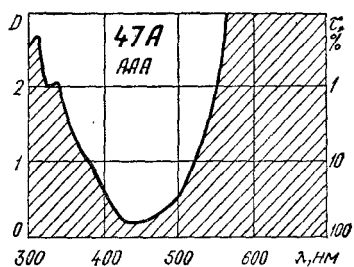
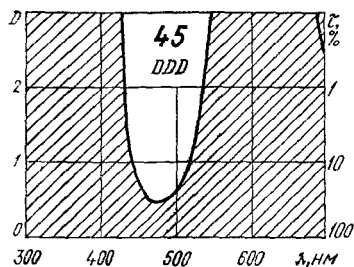


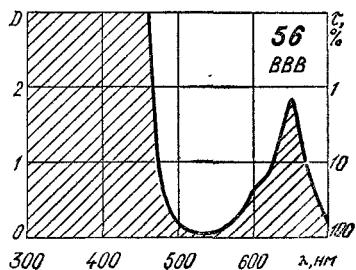
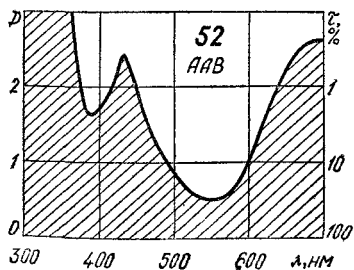
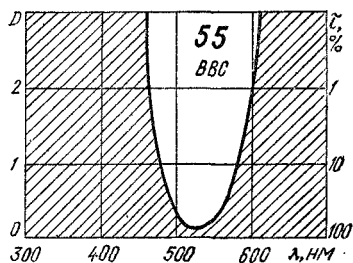
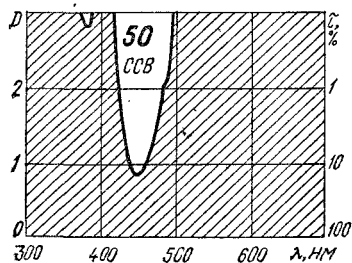
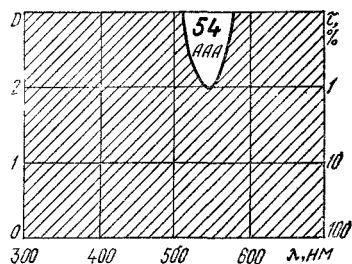
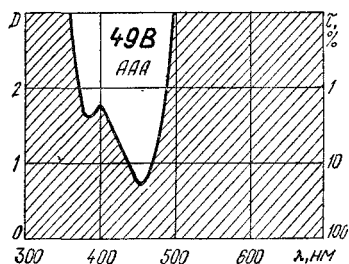
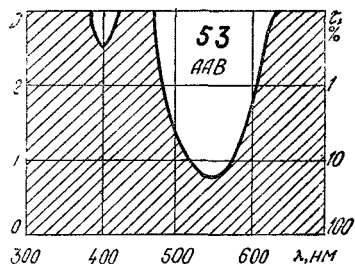
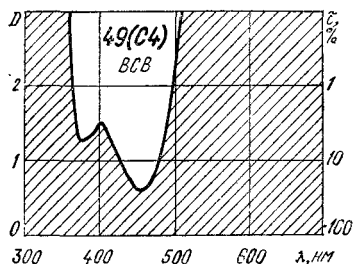


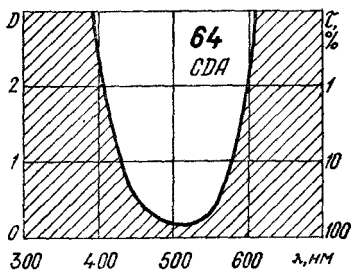
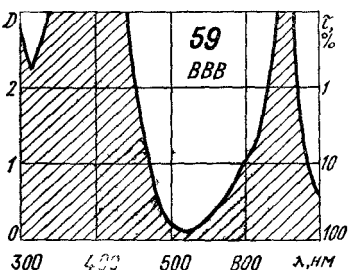
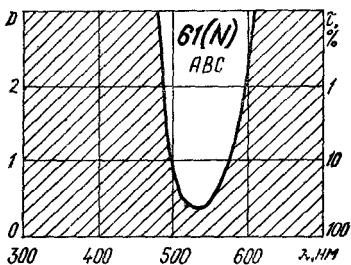
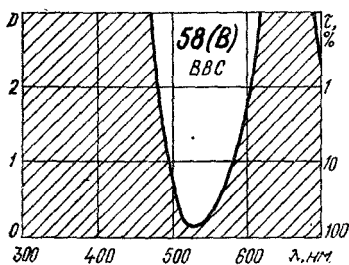
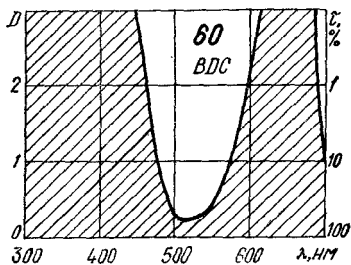
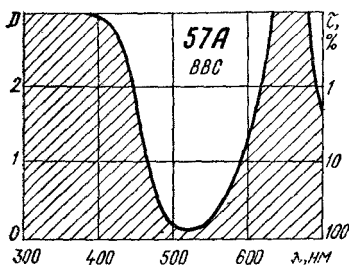
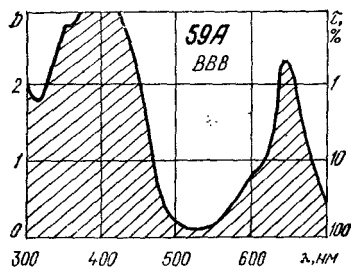
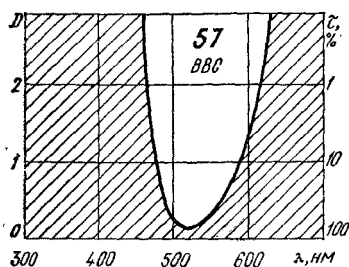


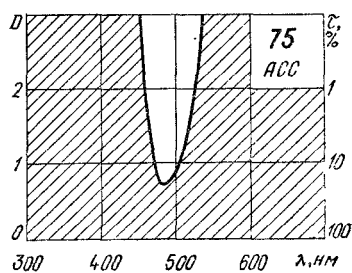
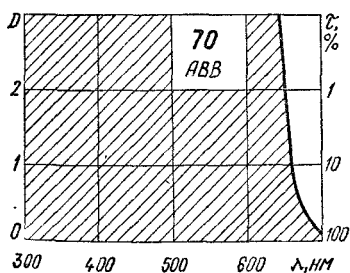
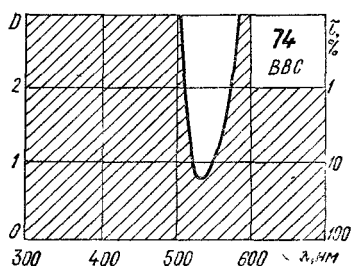
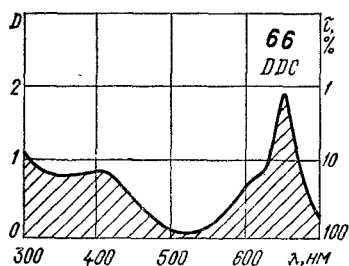
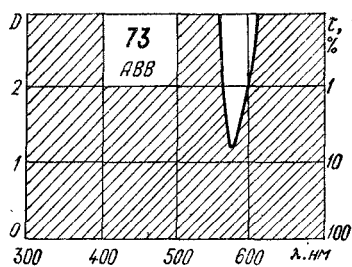
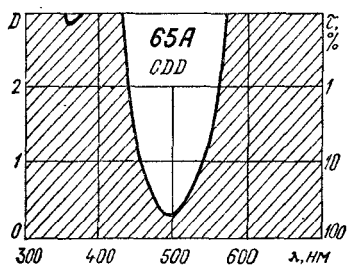
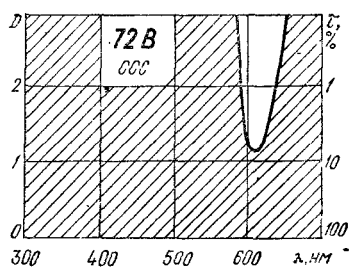
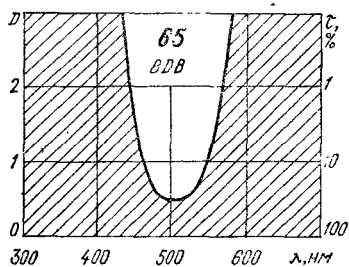


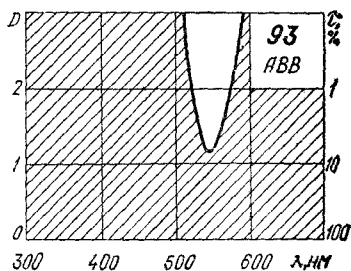
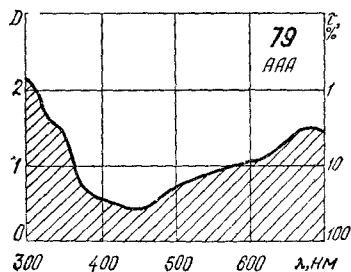
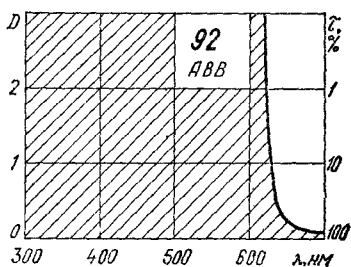
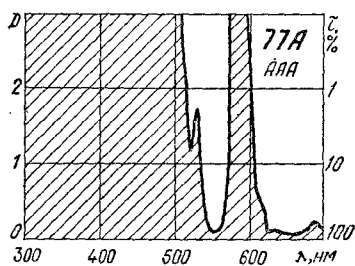
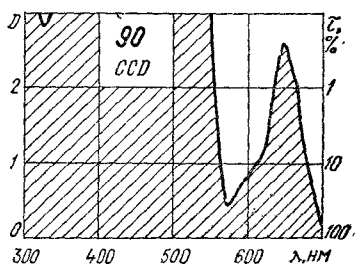
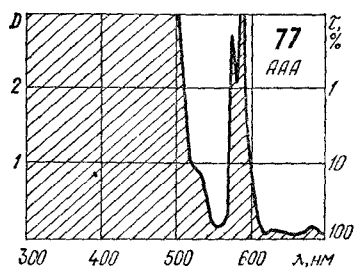
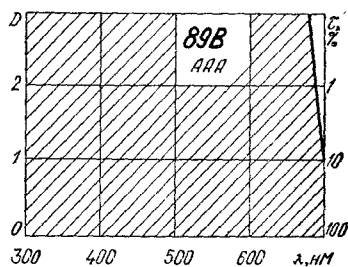
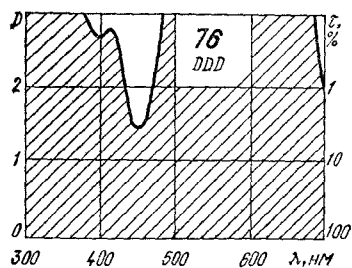


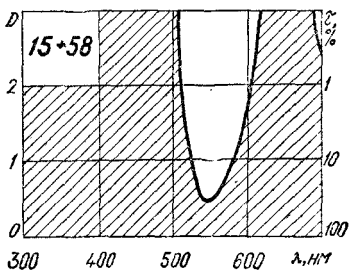
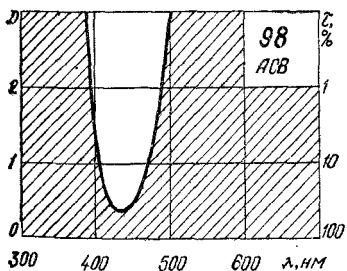
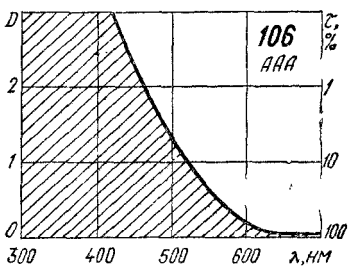
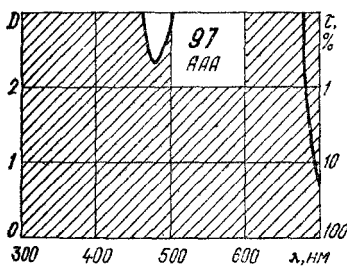
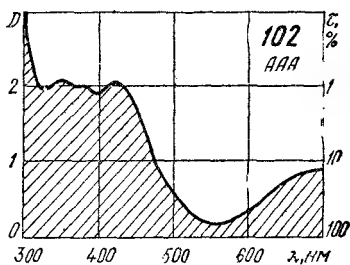
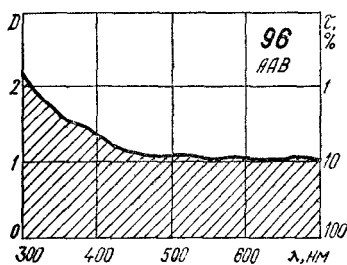
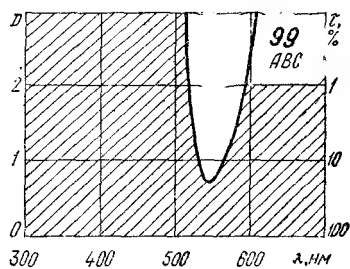
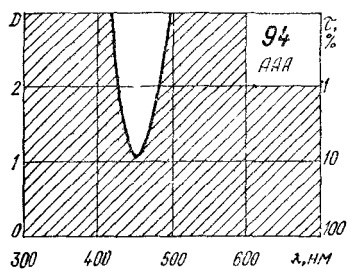












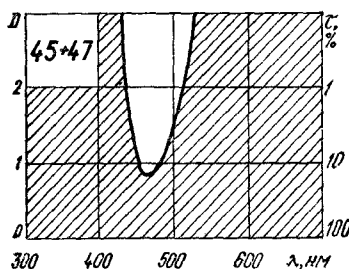
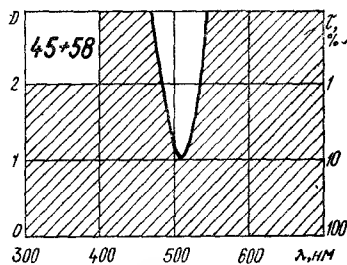
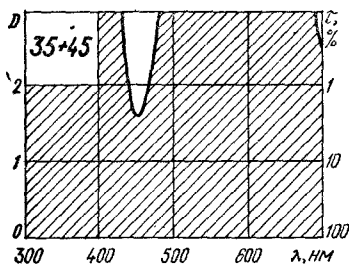
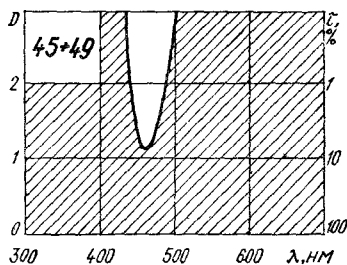
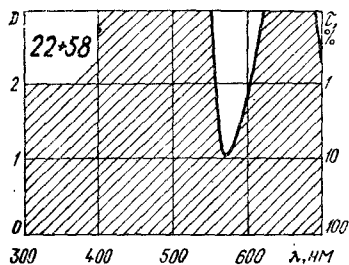


Рис. 149. Спектральные кривые фильтров Кодак Рэттен

81B — желтоватый цветокорректирующий съемочный — придание теплоты цветному изображению.

81C, 81D — желтоватые цветокорректирующие съемочные для пленок Кодахром тип А при освещении светом импульсных ламп с $T_{\text{цф}} = 3800$ К.

81F — желтоватый цветокорректирующий съемочный для пленок Кодак Эктахром тип В при освещении светом импульсных ламп с $T_{\text{цф}} = 3800$ К.

82 — голубоватый цветокорректирующий съемочный — придание «холодного» оттенка цветному изображению.

82А — голубоватый цветокорректирующий съемочный для пленок Кодахром тип А при освещении с $T_{\text{цф}} = 3200$ К.

82B, 82C — голубоватые цветокорректирующие съемочные — придание холодного оттенка цветному изображению.

85 — оранжевый конверсионный съемочный для пленок Кодак Кодахром тип А при освещении светом с $T_{\text{цф}} = 5500$ К.

85B — оранжевый конверсионный съемочный для пленок Кодак Эктахром тип В и негативных пленок Истмен Колор при освещении дневным светом с $T_{\text{цф}} = 5500$ К.

85C — оранжевый конверсионный малоплотный съемочный для пленок Кодак Эктахром тип F при освещении дневным светом с $T_{\text{цф}} = 5500$ К.

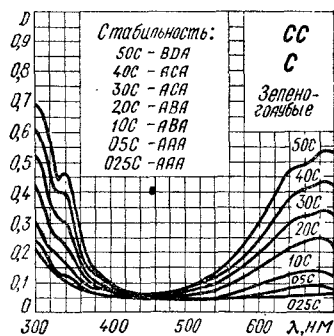
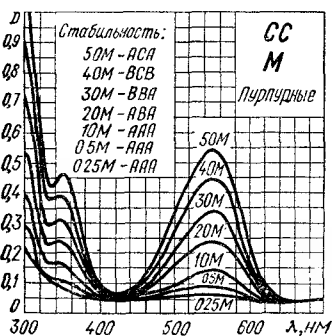
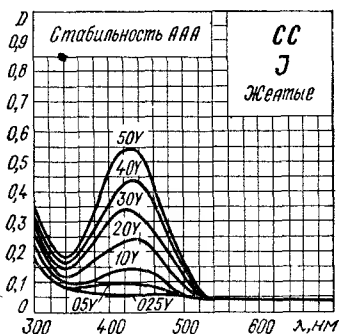
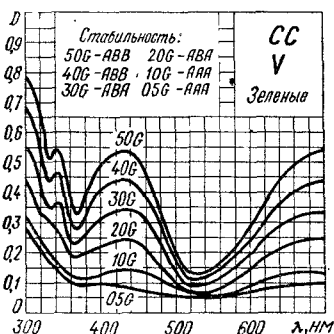
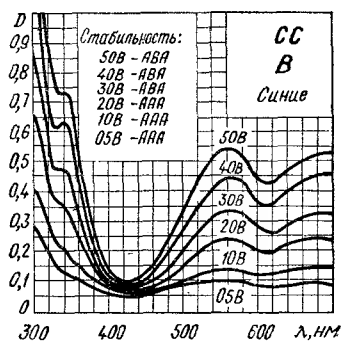
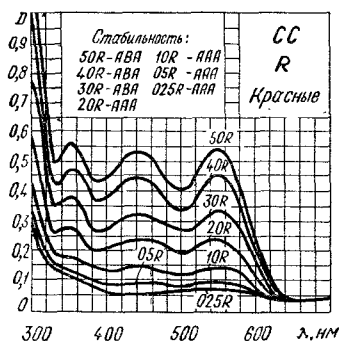


Рис. 150. Спектральные кривые компенсационных фильтров Кодак типа CC

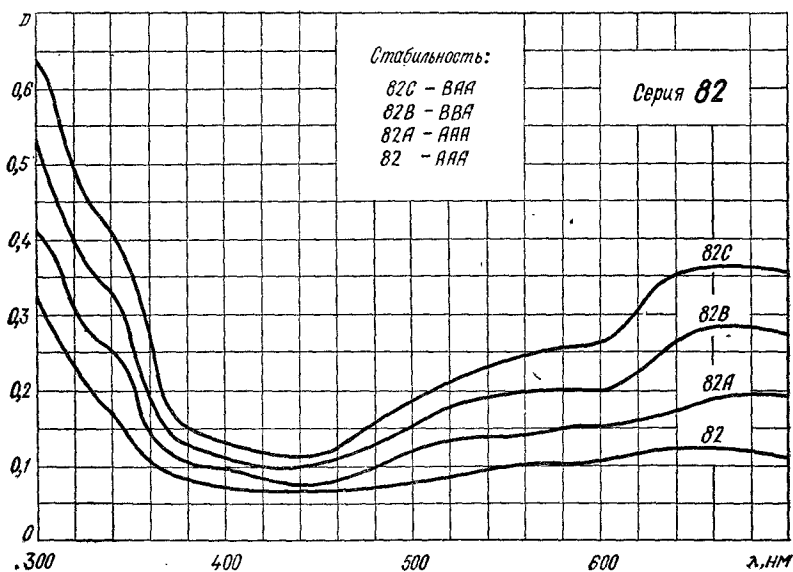
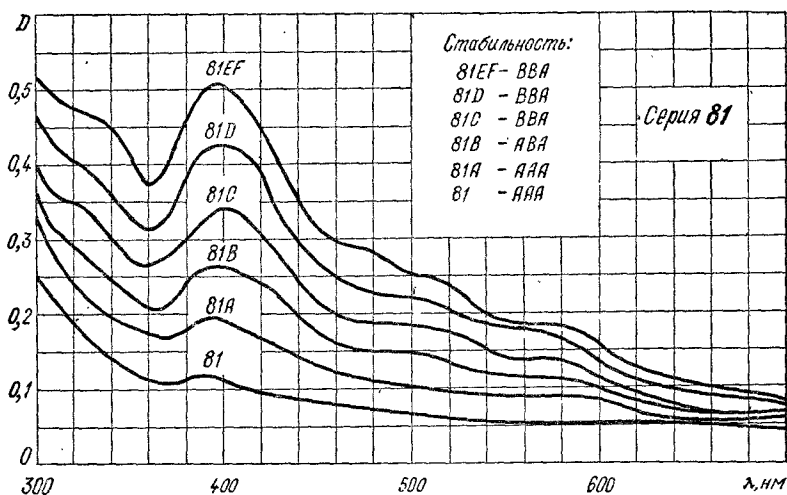


Рис. 151. Спектральные кривые светокорректирующих фильтров Кодак серии 81 (желтоватые) и серии 82 (голубоватые)

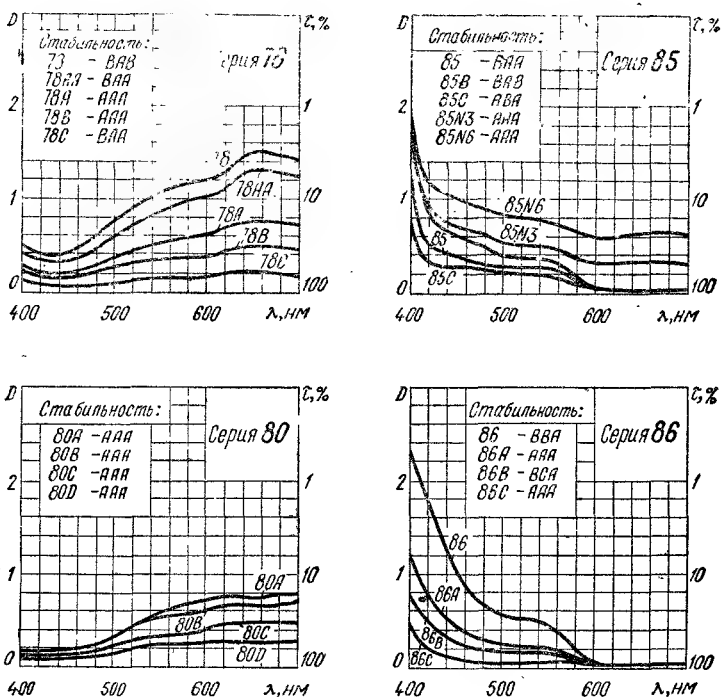


Рис. 152. Спектральные кривые фотометрических (серии 78 и 86) и конверсионных (серии 80 и 85) фильтров Кодак

85N3 — оранжевый конверсионный плотный съемочный. Представляет собой фильтр 85 с добавочной нейтрально-серой плотностью $D = 0,3$. Предназначен для снижения экспозиции при больших отверстиях диафрагмы съемочной камеры для негативных пленок Истмен Колор при освещении дневным светом с $T_{цф} = 5500$ К.

84N6 — оранжевый конверсионный повышенной плотности съемочный. Представляет собой фильтр 85 с добавочной нейтрально-серой плотностью $D = 0,6$. Предназначен для снижения экспозиции при больших отверстиях диафрагмы съемочной камеры для негативных пленок Истмен Колор при освещении дневным светом с $T_{цф} = 5500$ К.

86, 86A, 86B, 86C — желтоватые конверсионные фотометрические.

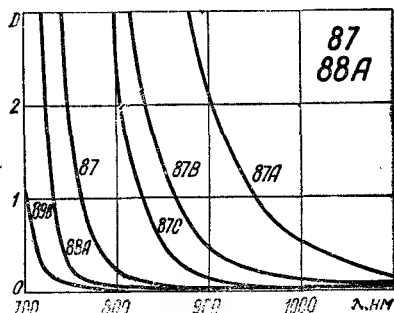


Рис. 153. Спектральные кривые инфракрасных фильтров Кодак серии 87 и 88А

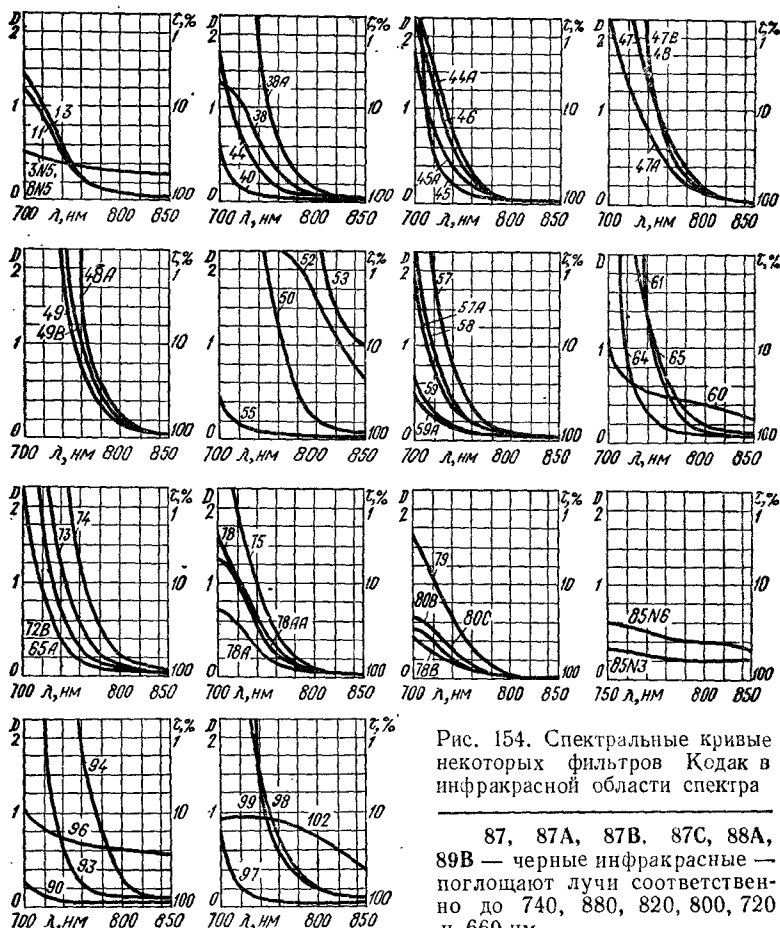


Рис. 154. Спектральные кривые некоторых фильтров Кодак в инфракрасной области спектра

87, 87A, 87B, 87C, 88A, 89B — черные инфракрасные — поглощают лучи соответственно до 740, 880, 820, 800, 720 и 660 нм.

90 — желтый — визуальный контроль узких светящихся полос.
92, 93, 94 — красный, зеленый и синий зональные — работа в цветных денситометрах совместно с фильтром, выделяющим видимый свет в диапазоне 400—700 нм и поглощающим ИК лучи.

96 — нейтрально-серые (комплект фильтров). Спектральная кривая фильтра с плотностью $D = 1$ показана на рис. 149.

97 — фиолетовый — двухцветное поглощение.

98 — синий зональный — цветная аддитивная печать на цветной бумаге Кодак Эктаколор. Эквивалентен фильтрам 47B + 2B.

99 — зеленый зональный — цветная аддитивная печать на цветной бумаге Кодак Эктаколор. Эквивалентен фильтрам 61 + 61.

102 — зеленый малоплотный корректирующий — приводит чувствительность селенового фотоэкспонетра к кривой спектральной эффективности глаза.

106 — оранжевый корректирующий — приводит чувствительность фотоэлемента типа S-4 к кривой спектральной эффективности глаза.

СВЕТОФИЛЬТРЫ ОРВО

194. Общие сведения. Фильтры выпускаются окрашенными органическими красителями в массе желатины в трех исполнениях:

желатиновые листки-фолии толщиной 0,1 мм покрытые лаком;
стеклянные двусторонние с желатиной между стеклами (квадратные и круглые) толщиной 2,4 мм;

желатиновые на триацетатной основе (пленочные) толщиной 0,2 мм покрытые лаком.

Размеры фильтров. Фолиевые форматные, мм: 50 × 50, 80 × 80, 100 × 100, 120 × 90, 130 × 180 и специального изготовления до 240 × 800; стеклянные квадратные, мм: 30 × 30, 40 × 40, 45 × 45, 60 × 60, 75 × 75, 90 × 90, 120 × 120;

стеклянные круглые в оправе для насадки на объектив. Диаметр оправы — внутренний/наружный, мм: 18/19, 25/26, 30/31, 39/40, 50/51, 64/65;

стеклянные круглые в оправе с резьбой для навинчивания на объектив диаметром, мм: 32, 37, 42 и 51;

пленочные форматные, мм: 50 × 50, 75 × 75, 80 × 80, 90 × 120, 100 × 100, 100 × 150, 130 × 180, 135 × 135, 165 × 210, 180 × 240, 240 × 300, 245 × 245, 295 × 295.

С указанными размерами выпускаются все фильтры для черно-белой и цветной съемки, репродукционные и фильтры для научно-технических целей.

195. Обозначения фильтров ОРВО состоят из цифр и букв: цифры обозначают заводской порядковый номер фильтра; буквы, расположенные *перед* или *после* номера фильтра, означают характеристику фильтра — оптическую, конструктивную или фабричную модификацию.

Буквы *перед* номером фильтра означают: К — стекло с улучшенными оптическими характеристиками (например К19);

S — более светлый фильтр относительно фильтра с номером, но без буквы S (например, 46 — плотный фильтр, S46 — менее плотный).

Буквы *после* номера фильтра означают (например): D (113D) — для лабораторных защитных фильтров прямое (D — direkt), непосредственное освещение рабочего места;

H (K20H) — конструкцию фильтра (H — Halb — полуфильтр);

J (113J) — для лабораторных защитных фильтров освещение рабочего места отраженным светом (Indirekt — непрямой);

L (646L) — улучшенное качество фильтра;

P (41P) — высокую плоскопараллельность стеклянных сторон фильтра;

R (53R) — относительно большую прозрачность фильтра, его ослабленность по сравнению с фильтром того же номера, но без буквы R в обозначении.

Число 30 перед номером фильтра является отличительным признаком желтых оттененных фильтров, обозначенных дробным числом, например 302/4, с оптическими плотностями и спектральными кривыми фильтров под номерами 2, 3 и 4. Цифра в знаменателе обозначения (2, 3 или 4) характеризует переходную зону изменения плотности оттенения: 2 — возрастание плотности от нижнего края квадратного стекла к верхнему (пологое оттенение); 3 — возрастание плотности до средней части стекла (крутое оттенение); 4 — возрастание плотности возле нижнего края стекла до четверти площади фильтра (сверхкрутое оттенение).

Буквы ВС и RC с цифрами после них могут означать цветокомпенсирующие и конверсионные фильтры ОРВО в международном обозна-

чении с цветностью в декамайредах (BC — Blue Color, сине-голубые; RC — Red Color, красно-оранжевые).

Спектральные кривые фильтров ОРВО показаны на рис. 155—157. На рисунках не указаны кривые фильтров с некоторыми дополнительными буквами, как например с буквой Р, указывающей на применение фильтров с высокой плоскопараллельностью.

196. Классификация фильтров ОРВО.

Фильтры для черно-белой съемки — 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Фильтры для черно-белых кинопозитивных материалов — 0, 1, 2, 3, 4, 5, 70, 72, 80, 81, 82, 91, 93, 95, 97.

Кинопозитивные фильтры для негативной пленки NC1 (по каталогу Народного предприятия ОРВО) — K14, K18, K19.

Оттененные полуфильтры — K20H, K21H.

Оттененные фильтры для черно-белой съемки — 302/2, 302/3, 302/4, 303/2, 303/3, 303/4, 304/2, 304/3, 304/4.

Фильтры для цветной съемки — K19, K20, K20H, K21, K21H, K29C, K32.

Фильтры для многоцветной съемки (термин ОРВО) — 2, S2, 3, S3, S40, 41, S41, 42, S42, S46, S47, S48, 48L, 647L.

Цветодополнительные фильтры — голубоватый (антижелтый), зеленоватый (антипурпурный), красноватый (антиголубой).

Конверсионные фильтры — синие: K10, K11, K12, K13; коричнево-красные: K15, K16, K17, K18.

Мозаичные фильтры — желто-пурпурный, желто-голубой, пурпурно-голубой.

Копировальные фильтры для цветной печати — желтый, пурпурный, голубой.

Копировальные серые фильтры для управления интенсивностью света — набор нейтрально-серых фильтров из 13 шт. с константой плотности $D = 0,06$ ($D_{\text{мин}}$). Фильтр с максимальной плотностью $D = 0,78$.

Защитные лабораторные фильтры — 103, 104, 107, 108, 112, 113D, 113J, 114, 117, 118, 164, 165, 166, 170, 208.

Фильтры для репродукционной техники и цветоделения — 2, 3, S3, 40, S40, 41, S41, 42, S42, S46, S47, S48, 48L, 646L, 647L.

Специальные фильтры для двухцветной печати — 53, 54, 56, 57, 58, 59.

Фильтры для научных и технических целей — 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 65, 67, 70, 72, 73, 75, 76, 80, 81, 82, 86, 91, 93, 95, 97, 98, 471, 572, 583, 585, 587, 589, 1031.

Фильтры для микрофотографии — 1, 6, 8, 32, 48L, 65, 67, 70, 73, 75, 91, 93, 95, 97, 646L, 647L.

Фильтры для инфракрасной фотографии — 80, 81, 82, 583, 585, 587, 589.

Фильтры для подводной съемки — 2, 6, 7, 8, 9.

Фильтры для аэрофотосъемки — 4, 5, 6, 7, 8, 9, 42, 80, 81.

Фильтры для наблюдения анаглифных изображений — 76, 86.

Визуально-съемочные фильтры (термин ОРВО) — 98, 471.

197. Конверсионные фильтры ОРВО. Обозначение может быть в трех вариантах — одинарным фирменным, международным и двойным. Двойное обозначение состоит из фирменного номера фильтра (например K13) и международного буквенного обозначения цветности (BC — сине-голубой, RC — красно-оранжевый) с цифровым обозначением в декамайредах (K10-BC1,5, или K10BC1,5, или K10(BC1,5)).

Фильтры предназначены для приведения цветофотографической температуры имеющегося съемочного освещения к балансной норме

цветных пленок ОРВО (UT, UK, NC), а также для корректировки цветности излучения при незначительных отклонениях, в связи с чем конверсионные фильтры ОРВО иногда называются цветными корректировочными.

Конверсионные фильтры ОРВО образуют комплект из четырех сине-голубых и четырех красно-оранжевых с равноступенным (вдвое) изменением цветности в декамайредах.

Сине-голубые	Красно-оранжевые	Число майред
K10 (BC1,5)	K15 (RC1,5)	15
K11 (BC3)	K16 (RC3)	30
K12 (BC6)	K17 (RC6)	60
K13 (BC12)	K18 (RC12)	120

Корректировка цветности производится в случаях преобладания синего или красного оттенка в стандартных излучениях с $T_{цф} = 5500$ К (для пленок UT) или с $T_{цф} = 3200$ К (для пленок UK). С преобладанием синеватого оттенка применяются красно-оранжевые фильтры K15—K18, с преобладанием красноватого — сине-голубые K10—K13. Для прямой конверсии $T_{цф} = 5500$ К и 3200 К применяется комбинация из двух фильтров: перевод 5500 К на 3200 К — фильтрами K18 + K15, перевод 3200 К на 5500 К — K13 + K10.

Съемочные комплекты конверсионных фильтров ОРВО позволяют получать все необходимые цветности освещения в любых условиях съемки. Корректировка цветности обусловлена необходимостью освещения лица снимаемого человека тем светом, для которого предназначена применяемая пленка. Отклонение от цветности создает искажения цвета лица, особенно видные на диапозитивных пленках с обращением (слайдах).

Наименьшее изменение цветности, замечаемое глазом, соответствует: $\pm 1,5$ декамайреда — для зеленых и красных лучей и ± 3 декамайреда — для синих и желтых. В связи с этим наименьшая величина коррекции составляет $\pm 1,5$ декамайреда.

Приведенные ниже цветности корректирующих (конверсионных) фильтров рекомендованы для цветных пленок ОРВО, сбалансированных к свету с $T_{цф} = 5500$ и 3250 К. Рядом с буквами RC и BC указаны числа декамайред, которые можно получить сочетанием двух фильтров из соответствующих наборов. В графе «Время года» римскими цифрами указаны месяцы.

Условия и источники освещения объекта	Время года	Часы дня	Цветность фильтров для пленки с $T_{цф}$	
			5550 К	3250 К
Открытое небо. Объект освещен Солнцем	Лето	С 9 до 15	RC3	RC15
	»	До 9 и после 15	RC1,5	RC13,5
	Зима	С 10 до 14	RC1,5	RC13,5
	»	До 10 и после 14	Без фильтра	RC12

На небе светлые редкие облака. Объект освещен открытым Солнцем	Лето	С 9 до 15	RC1,5	RC13,5
	»	До 9 и после 15	Без фильтра	RC12
	Зима	С 10 до 14	»	RC12
	»	До 10 и после 14	BC1,5	RC10,5
Открытое Солнце на чистом небе. Объект в тени от Солнца освещен светом неба	Лето	С 9 до 15	RC9	RC21
	»	До 9 и после 15	RC7,5	RC19,5
	Зима	С 10 до 14	RC7,5	RC19,5
	»	До 10 и после 14	RC6	RC18
На небе светлые редкие облака. Открытое Солнце. Объект в тени освещен светом неба и облаков	Лето	С 9 до 15	RC7,5	RC19,5
	»	До 9 и после 15	RC6	RC18
	Зима	С 10 до 14	RC6	RC18
	»	До 10 и после 14	RC4,5	RC16,5
На небе светлые редкие облака. Солнце закрыто облаком. Объект освещен светом неба и облаков	III — VI	С 9 до 15	RC4,5	RC16,5
	III — VI	До 9 и после 15	RC3	RC15
	VII — II	С 9 до 15	RC3	RC15
	VII — II	До 9 и после 15	RC1,5	RC13,5
Небо закрыто полностью или почти полностью светлыми тонкими облаками или дымкой. Солнце закрыто	III — VI	С 9 до 15	RC6	RC18
	III — VI	До 9 и после 15	RC4,5	RC16,5
Солнце закрыто сплошной белой облачностью	III — VI	С 9 до 15	RC7,5	RC19,5
	III — VI	До 9 и после 15	RC6	RC18
	VII — II	С 9 до 15	RC6	RC18
	VII — II	До 9 и после 15	RC4,5	RC16,5
Импульсная лампа	—	—	RC1,5	RC12
Лампа-вспышка	—	—	BC10,5	RC1,5
Фотолампа	—	—	BC12	Без фильтра
Кинопроекционная лампа	—	—	BC13,5	BC1,5
Осветительная лампа накаливания 25 Вт	—	—	BC21	BC9

Кратность конверсионных фильтров и их комбинаций

Цветность фильтра Майре-	Крат-	Цветность фильтра Майре-	Крат-
ды	ность	ды	ность
BC1,5	15	RC1,5	15
BC3	30	RC3	30
BC3 + BC1,5	45	RC3 + RC1,5	45
BC6	60	RC6	60
BC6 + BC1,5	75	RC6 + RC1,5	75
BC6 + BC3	90	RC6 + RC3	90
BC6 + BC3 + BC1,5	105	RC6 + RC3 + RC1,5	105
BC12	120	RC12	120
BC12 + BC1,5	135	RC12 + RC1,5	135
BC12 + BC3	150	RC12 + RC3	150
BC12 + BC3 +	165	RC12 + RC3 +	165
+ BC1,5		+ RC1,5	
BC12 + BC6	180	RC12 + RC6	180
BC12 + BC6 +	195	RC12 + RC6 +	195
+ BC1,5		+ RC1,5	
BC12 + BC6 + BC3	210	RC12 + RC6 + RC3	210

198. Цветонсправляющие фильтры ОРВО для позитивного процесса — пленочные. Размеры: 36 × 38, 50 × 50, 70 × 70, 90 × 120 мм. Представляют собой фильтры дополнительных цветов, исправляющие при печати цветовые отклонения, допущенные при съемке. Фильтры сгруппированы по три для каждого цвета с возрастающими плотностями, помеченными цифрами: 1 — фильтр слабой плотности; 2 — средней; 3 — относительно большей плотности.

Обозначение фильтра	Цветовой тон фильтра	Устраняемый оттенок
Противожелтый	Синеватый	Желтоватый
Противопурпурный	Пурпурный	Зеленоватый
Противоголубой	Голубоватый	Красноватый
Противосиний	Синеватый	Желтоватый
Противозеленый	Зеленоватый	Пурпурный
Противокрасный	Красноватый	Голубоватый

199. Копировальные фильтры для трехцветной печати (терминология ОРВО) содержат: *цветокорректирующие фильтры* трех дополнительных цветов (желтого, пурпурного и голубого, аналогичные отечественным) и *нейтрально-серые управляющие фильтры* для регулировки интенсивности копировального света в копировальных аппаратах при цветной позитивной печати. В зависимости от задаваемой точности цветовоспроизведения фильтры комплектованы в два набора. *Малый набор* (наиболее распространенный) содержит по 11 фильтров каждого дополнительного цвета с градацией плотности через 10 %, имеет плотности красителей 5, 10, 20, 30 ... 90 и 99 (100) %, всего 33 фильтра, и охватывает максимальную шкалу цветов в 1331 оттенок. *Большой набор* (редко выпускаемый) содержит по 20 фильтров каждого цвета с градацией плотности через 5 %, имеет плотности красителей 5, 10, 15, 20, 25 ... 95, 99 (100) % и охватывает максимальную шкалу цветов в 9261 оттенок.

Набор нейтрально-серых фильтров состоит из 13 фильтров с градацией серой плотности 0,06 D (первый фильтр) до максимальной плотности $D = 0,78$ (фильтр G_{рав} 0,78). Серые фильтры рассеивают проходящий копировальный свет и непригодны для съемочных целей.

Цветокорректирующие фильтры имеют размеры: стеклянные — 75 × 75 и 135 × 135 мм; пленочные — 50 × 50, 80 × 80, 90 × 120,

100 × 100, 130 × 180 и 240 × 300 мм. Серые фоллиевые фильтры — 23 × 23 и 24 × 34,3 мм.

200. Мозаичные фильтры ОРВО для цветокорректирующих проб — комплект из трех фильтров, имеющих цвета: желтый с пурпурным, желтый с голубым и пурпурный с голубым. Размеры 75 × 75 и 135 × 135 мм. Каждый фильтр помечен в противоположных углах по диагонали начальными буквами цвета и белыми точками по окантовке стекла, обозначающими цвет: желтый — одна точка, пурпурный — две, голубой — три.

201. Лабораторные защитные фильтры ОРВО предназначены для создания неактивного освещения при изготовлении и обработке различных светочувствительных материалов. Применяются в лабораторных или других фонарях различной конструкции, с лампами различного спектрального состава и мощности: нормальными накаливания, натриевыми и неоновыми с крупногабаритными электродами.

Для одновременной работы с двумя разными типами светочувствительного материала применяются сдвоенные фильтры, попеременно выключаемые из работы в фонаре посредством закрывания одного фильтра шторкой или выключения отдельной лампы, изолированной от другой. Сдвоенными фильтрами являются фильтры 107 и 108 (красный и темно-зеленый) для попеременной работы с ортохроматическими и панхроматическими слоями, 112 и 113 (светло-желтый матовый и желто-зеленый матовый) фильтры для попеременной работы с копировальными бумагами и фотобумагами для увеличения. В фонарях сдвоенной конструкции применяются лампы накаливания мощностью 15 Вт для прямого освещения на расстоянии 0,75 м.

Форматы лабораторных фильтров: 9 × 12, 10 × 15, 13 × 18, 16 × 21, 18 × 24, 24 × 30, 24,5 × 24,5 и 29,5 × 29,5 см.

В зависимости от конструкции лабораторных фонарей, расположению их в помещении и расстоянию до рабочего места неактивность освещения с фильтрами ОРВО характеризуется номерами позиций следующим образом (для ламп накаливания, кроме отмеченных звездочкой):

Позиция неактивности*	Конструкция фонаря	Мощность лампы, Вт	Расстояние, м
1	Настенный фонарь прямого света	15	0,75
2	То же	15	1
3	»	15—25	0,75
4**	»	—	0,75
5	Настенный фонарь рассеянного света	15	0,75
6	Настенный фонарь с отражением от стены	15	0,75
7	Параболоидный рефлектор рассеянного света	15	2,5
8	То же	25	2,5
9	»	25—40	2,5
10	»	40	2,5
11	»	40—60	2,5
12	Пирамидальный фонарь прямого света	15	1
13	Пирамидальный фонарь рассеянного света	25	2,5
14	То же	25—40	1,5
15**	Пирамидальный фонарь прямого света	—	2
16***	То же	—	2

* Позиция неактивности указана для характеристики защитных фильтров в параграфе 207.

** Неоновая лампа в фонаре.

*** Натриевая лампа в фонаре.

202. Фильтры ОРВО для репродукционного цветоделения представляют трех- или четырехцветные наборы фovieвых или пленочных фильтров, отличающихся по оптической плотности: плотные — для нормального цветоделения, светлые — для мягкого. В трехцветном наборе отсутствует желтый фильтр. Четырехцветный набор содержит: желтый фильтр для черно-белых изображений, синий — для желтого цветоделения, зеленый — для пурпурного и красный — для голубого.

Фovieвые плотные фильтры для нормального выделения цвета: 3 — желтый (жесткий), 540 — синий, 41 — зеленый, 42 — красный.

Фovieвые светлые фильтры для мягкого выделения цвета: 2 — желтый (средней плотности), 646L — синий, 647L — зеленый, 48L — красный.

Пленочные плотные фильтры для нормального выделения цвета: S3 — желтый (жесткий), S40 — синий, S41 — зеленый, S42 — красный.

Пленочные светлые фильтры для мягкого выделения цвета: S42 — желтый (средней плотности), S46 — синий, S47 — зеленый, S48 — красный.

Фovieвые фильтры выпускаются всех размеров, указанных в параграфе (194). Пленочные репродукционные фильтры имеют размер 50 × 50 мм.

203. Фильтры ОРВО для инфракрасной фотографии образуют комплект из красных фильтров — 80, 81, 82 и комбинированных (черных) — 583, 585, 587 и 589, состоящих из красных и синих фильтров.

Фильтр	80	81	82	583	585	587	589
Граница поглощения, нм	580	600	630	700	790	830	870
Кратность * для:							
пластинок J750	3	3	3	6	—	—	—
» J850	15	15	15	20	120	—	—
пленок NJ750	2	2	2	3	8	—	—

* При дневном свете.

204. Фильтры ОРВО для двухцветной полиграфической печати

Фильтры	Цвет	Выделяемые дополнительные цвета
53, 53R	Голубые	Киноварь, кармин, кадмиево-красный
54, 54R	Зеленые	Красно-фиолетовый светящийся
55, 55R	Желто-зеленые	Кобальтово-фиолетовый светлый, прозрачный, с уклоном в красный
56, 56R	Коричневато-желтые	Кобальтово-фиолетовый кроющий с синим оттенком
57, 57R	Красные	Ультрамариново-синий, кобальтово-синий
58, 58R	»	Зеленый устойчивый, швайфурская зелень
59, 59R	Синие	Кадмиево-желтый, ультрамариново-желтый

205. Фильтры ОРВО для подводной съемки: 2 — желтый средней плотности для уменьшения рассеяния света и увеличения контрастности изображения на глубине погружения до 15 м; 6 и 7 — оранжевые, 8 и 9 — красно-оранжевые, для эффектных съемок против света на глубине погружения до 5 м.

206. Кратность некоторых фильтров ОРВО для съемок на ортохроматических и панхроматических светочувствительных материалах при дневном свете с $T_{\text{цф}} = 5500 \text{ K}$ (ориентировочные величины).

Фильтр	0	1	2	3	4	5	K20	K21	42	70, 71, 72	80	91	93
Ортохром	1,5	1,8	2,4	3	3,5	4,5	—	—	—	—	—	—	—
Панхром	1,3	1,5	1,8	2	2,2	2,5	2	4	8	2	5	2	4

207. Назначение фильтров ОРВО и спектральная характеристика.

0 (G1,5) — желтый слабо выраженный съемочный. Поглощение УФ лучей, удаление слабой воздушной дымки в пейзажах.

1 (G1,5) — желтый светлый съемочный. Поглощение УФ лучей, притемнение синего неба, удаление слабой воздушной дымки. Корректирует тональность: синий, желтый и зеленые цвета уравнивает по яркости. Применяется в микрофотографии.

2 (G2) — желтый средней плотности корректирующий. Желтый цвет в изображении выражается ярче синего. Рекомендуется для съемки пейзажей и портретов.

S2 — желтый средней плотности флиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

3 (G2) — желтый резко выраженный съемочный. Выделение синего цвета, преобладающего в объекте. В пейзаже хорошо выделяет облака.

S3 — желтый резко выраженный флиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

4 (C2) — желтый резко выраженный. Съемка дальних планов через голубую дымку. В зимних и летних пейзажах небо выделяет темно-серым цветом.

5 (C2,5) — желтый зональный. Поглощает синие, зеленые и часть желтых лучей. Удаляет сильную воздушную дымку в пейзажах. Синее небо воспроизводит черным. Бледное небо выделяет серым тоном. Подчеркивает красный цвет.

6 (O2) — оранжевый светлый. Аэрофотосъемка и научные цели. Выделяет облака на голубом небе. Применяется в микрофотографии.

7 (O2) — оранжевый резко выраженный. Аэрофотосъемка и научные цели. Работа в комплексе с фильтрами 8 и 9.

8 (O3) — оранжево-красный резко выраженный. Работа в комплексе с фильтрами 7 и 9.

9 (O3) — оранжево-красный резко выраженный. Работа в комплексе с фильтрами 7 и 8.

K10 (BC1,5) — конверсионный цветокорректирующий, сине-голубой слабо выраженный (15 майред). Удаление желтоватого оттенка в съемочном освещении. Работа в паре с фильтром K13 (BC12) для конверсии $T_{цф}$ с 3200 К на 5500 К.

K11 (BC3) — конверсионный цветокорректирующий, сине-голубой светлый (30 майред). Удаление желтого оттенка в съемочном освещении.

K12 (BC6) — конверсионный цветокорректирующий, сине-голубой средней плотности (60 майред). Исправление цветофотографической температуры съемочного освещения, обладающего выраженным красновато-желтым оттенком.

K13 (BC12) — конверсионный сине-голубой плотный (120 майред). Работа в паре с фильтром K10 (BC1,5) для конверсии $T_{цф}$ с 3200 К на 5500 К.

K15 (RC1,5) — конверсионный цветокорректирующий, коричнево-красный слабо выраженный (15 майред). Удаление голубоватого оттенка в съемочном освещении. Работа в паре с фильтром K18 (RC12) для конверсии $T_{цф}$ с 5500 на 3200 К.

K16 (RC3) — конверсионный цветокорректирующий, коричнево-красный светлый (30 майред). Удаление синеватого оттенка в съемочном освещении.

K17 (RC6) — конверсионный коричнево-красный средней плотности (60 майред). Исправление цветофотографической температуры съемочного освещения, обладающего выраженным сине-голубым оттенком.

K18 (RC12) — конверсионный коричнево-красный плотный (120 майред). Работа в паре с фильтром **K15 (RC1,5)** для конверсии $T_{цф}$ с 5500 К на 3200 К.

K19 — оранжевый светлый. Съемка на цветных пленках УК с обращением при дневном освещении с $T_{цф} = 5500$ К. Кратность 4.

K20 — нейтрально-серый светлый со следами голубоватого. Снижение интенсивности дневного съемочного освещения при съемке. Кратность 4.

K20H — нейтрально-серый полуфильтр светлый со следами голубоватого, съемочный. Оттенивание неба в верхней (от середины) части кадра.

K21 — нейтрально-серый средней плотности со следами голубоватого. Снижение интенсивности дневного освещения при съемке. Кратность 4.

K21H — нейтрально-серый полуфильтр средней плотности со следами голубоватого. Аналогичен фильтру **K20H**.

K29C — бесцветный противоультрафиолетовый. Съемка днем в горах выше 2000 м на пленках УТ. Кратность 1,5.

K32 — желтый светлый. По действию аналогичен фильтру 1, более плотен.

S40 — синий фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

41 — зеленый средней плотности фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

S41 — зеленый светлый фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

42 — красный зональный светлый фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике. Цветная аддитивная фотопечать. При съемке с солнечным освещением позволяет получать эффект лунного света. Применяется в микрофотографии.

S42 — красный светлый фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

43 — синий зональный плотный. Цветная аддитивная печать. Съемка для технических и научных целей.

S46 — синий светлый фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

S47 — зеленый светлый фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

48L — красный светлый фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике. Применение в микрофотографии.

S48 — красный светлый фоллиевый. Цветоделение в цветной репродукционной технике.

53 — голубовато-синий плотный. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

53R — голубовато-синий, светлый относительно фильтра 53.

54 — зеленый зональный средней плотности. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

54R — зеленый, светлый относительно фильтра 54.

55 — желто-зеленый плотный. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

55R — желто-зеленый, светлый относительно фильтра 55.

56 — желто-коричневый плотный. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

56R — желто-коричневый, светлый относительно фильтра 56.

57 — красный плотный. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

57R — красный, светлый относительно фильтра 57.

58 — красный зональный плотный. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

58R — красный, светлый относительно фильтра 58.

59 — синий зональный плотный. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

59R — синий, светлый относительно фильтра 59.

60 — красно-фиолетовый средней плотности. Спектральный фильтр для микроскопии и научно-технических целей.

65 — голубой светлый. Фильтр дневного света для фотоламп с $T_{\text{цф}} = 3200 \text{ K}$.

67 — пурпурный светлый. Фильтр для микроскопии.

70 (GR4) — светло-зеленый. Правильное тоновоспроизведение цветных объектов на изопанхроматических материалах при свете с $T_{\text{цф}} = 3200 \text{ K}$.

71 (GGR2) — сине-зеленый светлый. Правильное тоновоспроизведение цветных объектов на изопанхроматических материалах при дневном свете с $T_{\text{цф}} = 5500 \text{ K}$. Относительно фильтра 72 имеет голубой оттенок.

72 (GGR) — желто-зеленый светлый. Правильное тоновоспроизведение цветных объектов в пасмурный день ($T_{\text{цф}} = 6000...6500 \text{ K}$). Относительно фильтра 71 имеет желтый оттенок.

73 — сине-зеленый. Фильтр для микросъемки с поглощением красных лучей.

75 — оливоково-зеленый. Фильтр для микросъемки.

76 — сине-зеленый. Фильтр для наблюдения анаглифных изображений (в паре с фильтром 86).

80 (R4) — красный светлый резко выраженный. Съемка световых эффектов на изопанхроматических материалах. Фильтр для ИК съемки, поглощает лучи до 580 нм.

81 (R8) — красный резко выраженный светлый. Съемка световых эффектов на изопанхроматических материалах. Фильтр для ИК съемки, поглощает лучи до 590 нм.

82 — красный плотный резко выраженный. Фильтр для ИК съемки, поглощает лучи до 630 нм.

86 — оранжевый светлый. Наблюдение анаглифных изображений (в паре с фильтром 76).

91 (N2), 93 (N4), 95, 97, 98 — нейтрально-серые фильтры различной плотности. Уменьшают интенсивность освещения соответственно в 2, 4, 8, 16 и 32 раза при съемке на черно-белые материалы. Для цветных съемок непригодны из-за цветного оттенка.

103 — зеленый плотный (лабораторный защитный фильтр, ЛЗФ). Освещение помещения при изготовлении и обработке орто и панхроматических материалов. Неактиничность 1 и 9 (201).

104 — красно-коричневый плотный ЛЗФ. Освещение помещения и рабочего места при изготовлении и обработке: рентгеновских пленок, диапозитивных пластинок и пленок, фототехнических пленок и пластинок F3, F5, F31. Неактиничность 1, 12, 13 (201).

107 — красный плотный ЛЗФ. Освещение помещения и рабочего места при изготовлении и обработке: высокочувствительных несенсibilизированных и ортохроматических материалов, в том числе негативных пластинок и пленок NO22, всех ортохроматических репродукционных пленок и пленок FU2. Неактивность 1, 11, 12 и 14 (201).

108 — зеленый плотный матовый ЛЗФ. Освещение рабочего места при изготовлении и обработке панхроматических слоев, в том числе: пластинок, пленок NP, фототехнических пленок, а также для ИК-пластинок типа J750, J850 и ИК-пленки NJ750. Неактивность 1 (201).

112 — желтый светлый матовый ЛЗФ. Освещение рабочего места и помещения при изготовлении и обработке малочувствительных несенсibilизированных копировальных материалов и фотобумаг подобной чувствительности. Неактивность 1, 8, 12 и 13 (201).

113J — желто-зеленый светлый ЛЗФ. Освещение помещения при увеличении и обработке фотобумаг. Неактивность 10 и 13 (201).

113D — желто-зеленый плотный матовый ЛЗФ. Освещение рабочего места при фотоувеличении бумаг и проявлении негативных материалов. Неактивность 1 и 15 (201).

114 — желто-коричневый плотный ЛЗФ. Освещение рабочего места при обработке ИК-пластинок 1850, 1950, 11050. Неактивность 4 (201).

117 — желто-зеленый плотный матовый ЛЗФ. Освещение рабочего места при обработке рентгеновских пленок и диапозитивных пластинок. Неактивность 1 и 12 (201).

118 — желто-зеленый светлый матовый ЛЗФ. Освещение помещения при обработке рентгеновских пленок и рентгеновских бумаг. Неактивность 7 и 13 (201).

164 — зеленовато-желтый светлый ЛЗФ. Освещение помещения при обработке позитивных цветных пленок Орвоколор. Неактивность 15 (201).

165 — зеленовато-желтый плотный ЛЗФ. Освещение помещения при обработке позитивных цветных пленок Орвоколор. Неактивность 16 (201).

166 — зеленовато-желтый ЛЗФ. Освещение рабочего места при обработке цветных позитивных пленок и бумаг Орвоколор. Неактивность 1 (201).

170 — зеленый плотный ЛЗФ. Освещение рабочего места при обработке цветных негативных и обрабатываемых пленок Орвоколор. Неактивность 6 (201).

208 — красный плотный ЛЗФ. Освещение помещения и рабочего места при обработке рентгенограмм на пленках RS2 и пластинках R01. Неактивность 1 и 11 (201).

471 — желто-оливково-зеленый плотный съемочный. Эффектные съемки на изопанхроматических материалах.

540 — синий зональный.

572 — сине-зеленый. Фильтр для научно-технических целей.

583 — черный комбинированный ИК-фильтр, склеен из красной и синей фольг. Поглощает лучи до 700 нм. Съемка на ИК-материалах.

585 — черный комбинированный ИК-фильтр, склеен из темно-красной и синей фольг. Поглощает лучи до 790 нм. Съемка на ИК-материалах.

587 — черный комбинированный ИК-фильтр, склеен из красной и синей фольг. Поглощает лучи до 830 нм. Съемка на ИК-материалах.

589 — черный комбинированный ИК-фильтр, склеен из голубой и темно-красной фольг. Поглощает лучи до 870 нм. Съемка на ИК-материалах.

646L — синий светлый фольевый. Цветоделение в репродукционной технике.

647L — сине-зеленый средней плотности фольевый. Цветоделение в репродукционной технике.

1031 — оранжевый плотный. Спектральный фильтр для изолирования желтых линий спектра ртутных кварцевых ламп.

Grau 0,78 — серый копировальный фильтр плотностью $D = 0,78$ из комплекта серых фильтров 13 градаций плотности с константой $D = 0,06$.

Копировальные фильтры: желтый 50 %, пурпурный 50 %, голубой 50 %.

Цветокорректирующие фильтры основных цветов с тремя степенями плотности (слабой, средней и высокой): противожелтые, противопурпурные, противоголубые.

Цветокорректирующие фильтры дополнительных цветов с тремя степенями плотности (слабой, средней и высокой): противосиние, противозеленые, противокрасные.

СВЕТОФИЛЬТРЫ АГФА-ГЕВЕРТ

208. Конверсионные фильтры Агфа-Геверт обозначаются буквами: СТБ — Color Temperature Blue — фильтры синие и СТО — Color Temperature Orange — фильтры оранжевые. Величины майред определяются числом, стоящим за буквами, умноженным на 12.

Оранжевые фильтры	Число майред	Степень открытия диафрагмы *	Синие фильтры	Число майред	Степень открытия диафрагмы *
СТО-1В	+12	—	СТБ-1	—12	1/3
СТО-2В	+24	—	СТБ-2	—24	1/2
СТО-4В	+48	1/3	СТБ-4	—48	1
СТО-6В	+72	1/3	СТБ-8	—96	1 и 2/3
СТО-8В	+96	2/3	СТБ-12	—144	2 и 1/3
СТО-12В	+144	2/3	СТБ-16	—192	3
СТО-16В	+192	1 и 1/3			
СТО-20В	+240	1 и 2/3			

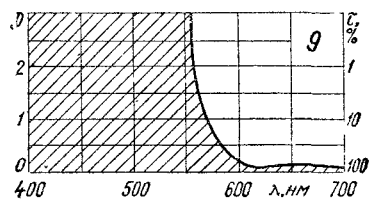
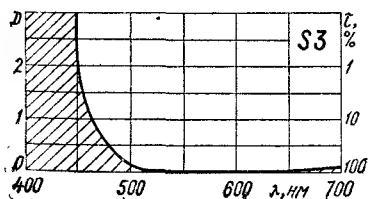
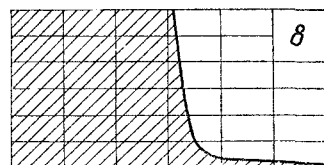
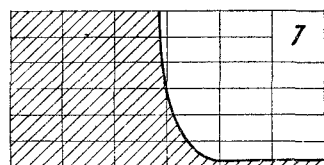
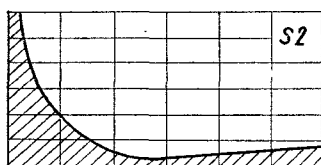
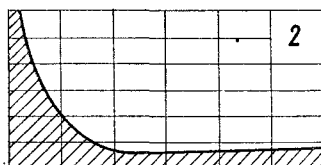
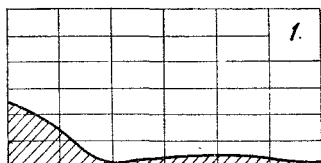
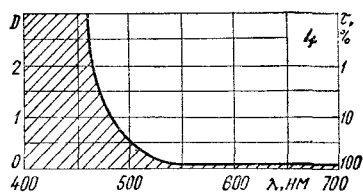
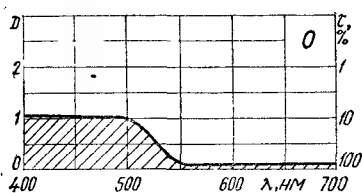
* В делениях шкалы на объективе.

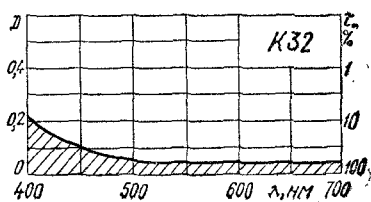
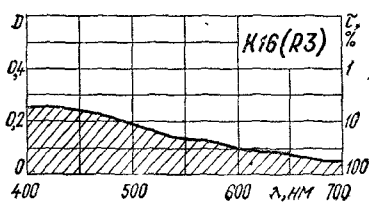
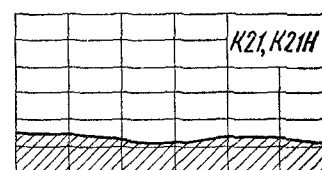
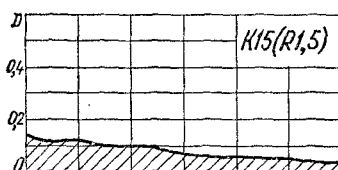
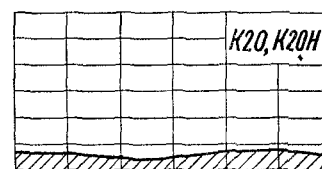
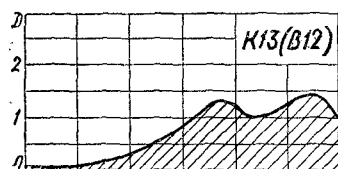
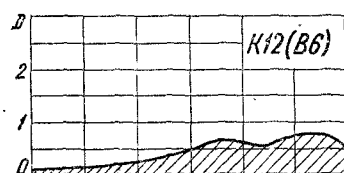
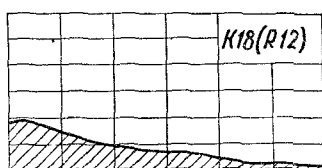
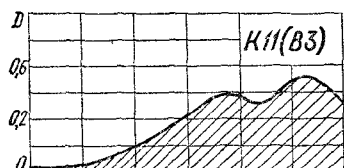
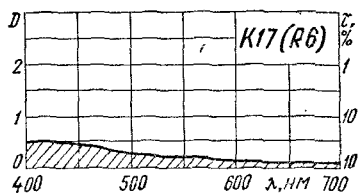
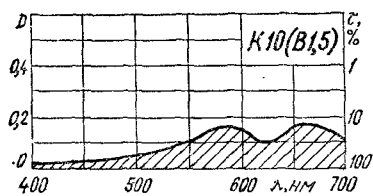
209. Сравнение конверсионных фильтров различных фирм (фильтры не эквивалентны из-за различия в кривых поглощения)

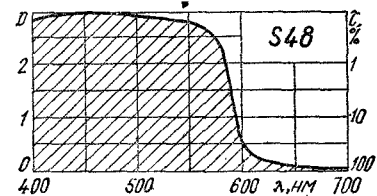
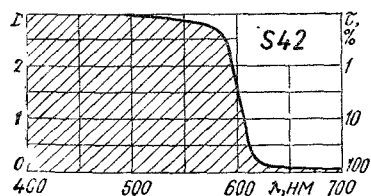
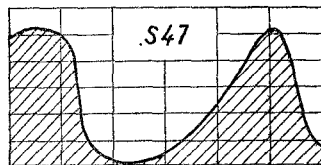
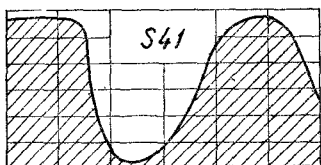
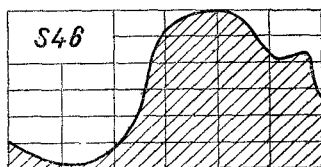
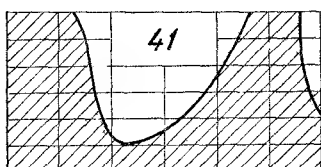
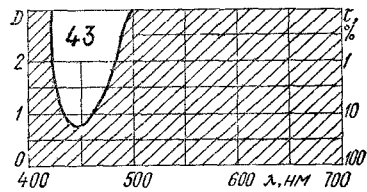
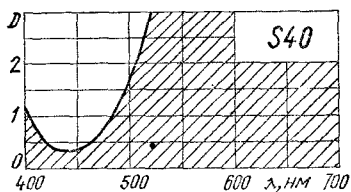
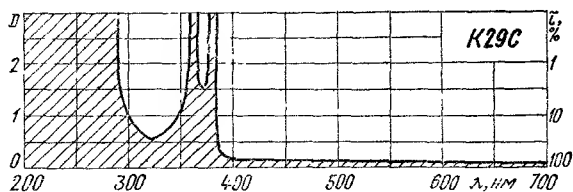
$T_{цф}$, К источника света	Цветное стекло	ОРВО	КОДАК	Агфа-Геверт
Фильтры для приведения света к $T_{цф} = 3200\text{ K}$				
2800	СС1 *	K15 + K16	82C	СТБ-4
3400	ТС5 *	K15	81A	СТО-2В
5500—6000	ОС6 **	K18	85	СТО-8В
8000—10 000	ОС5 *	K18 + K16	85В	СТО-12В

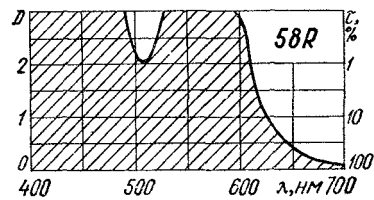
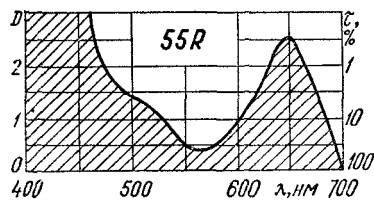
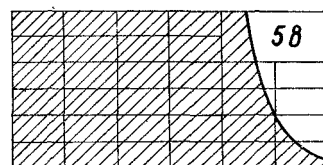
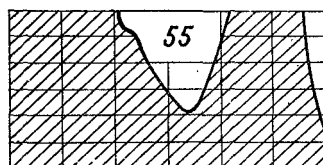
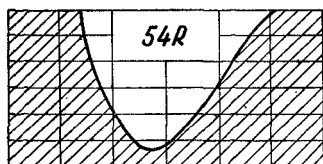
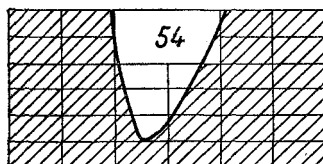
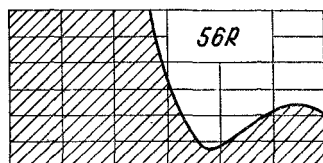
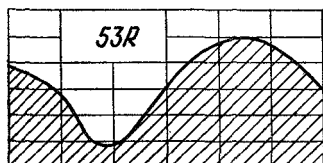
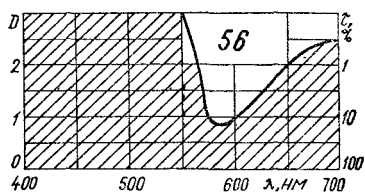
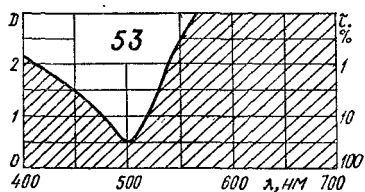
* Толщина стекла 1 мм.

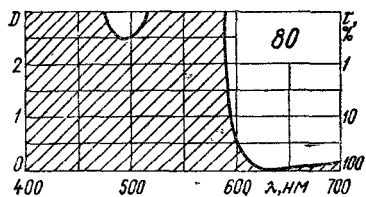
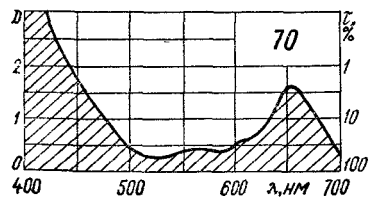
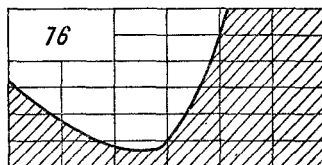
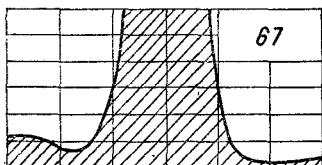
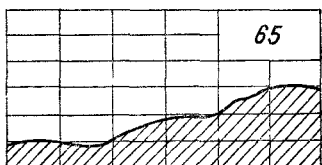
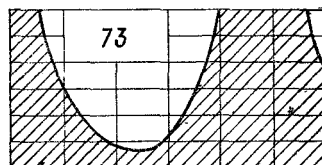
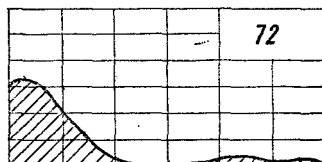
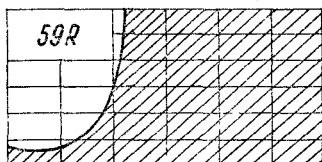
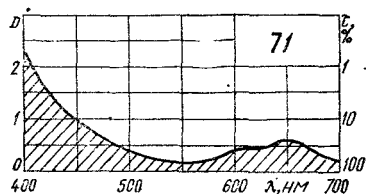
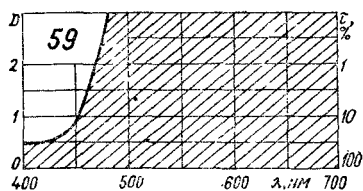
** Толщина стекла 5 мм.

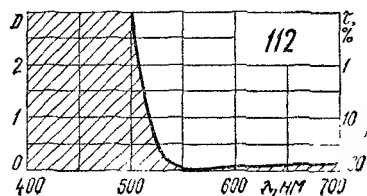
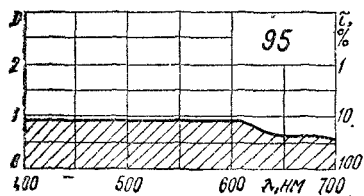
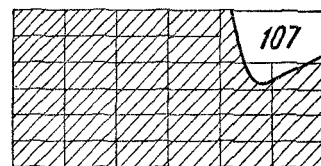
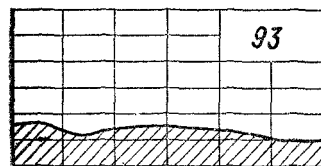
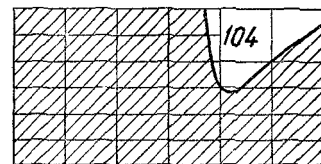
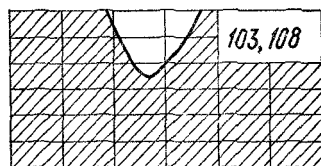
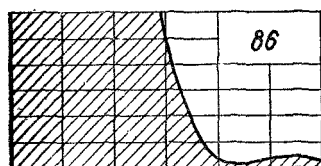
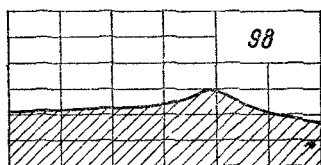
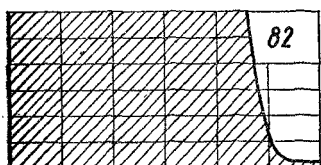
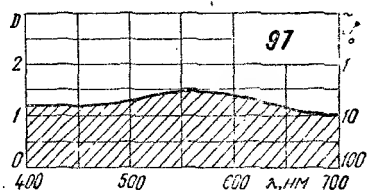
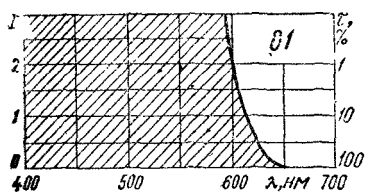


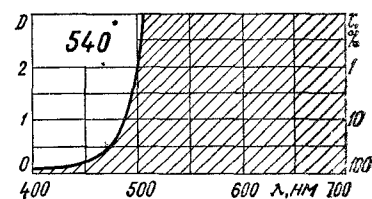
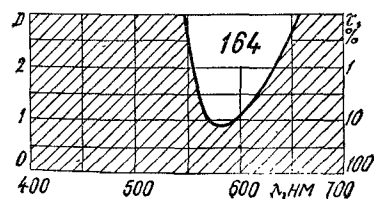
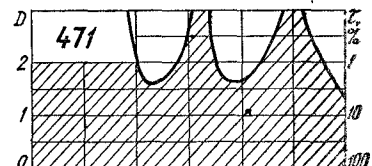
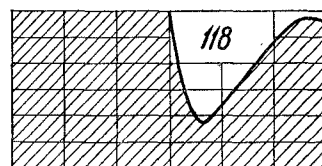
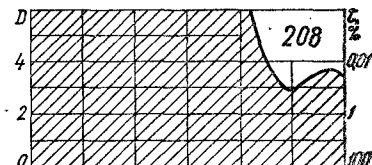
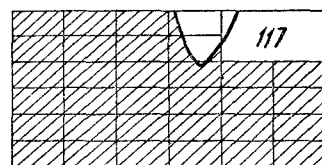
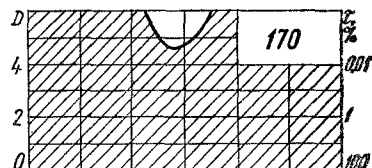
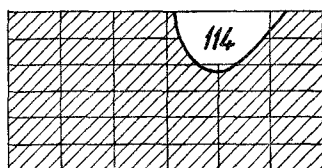
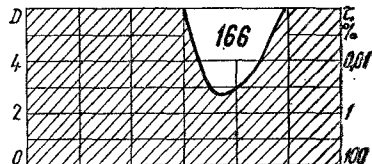
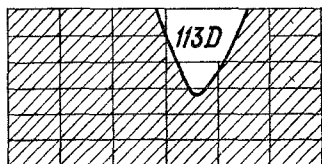
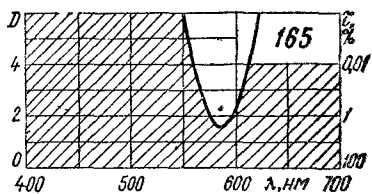
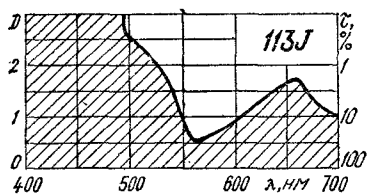












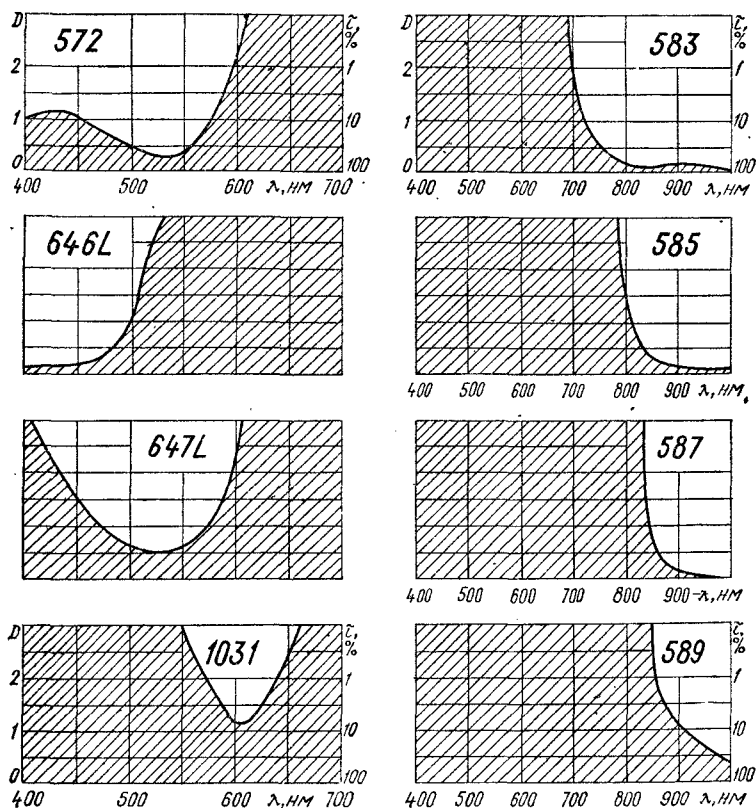


Рис. 155. Спектральные кривые светофильтров ОРВО

$T_{\text{цф}}, \text{ K}$
источника света

Цветное
стекло

ОРВО

КОДАК

Агфа-Геверт

Фильтры для приведения света к $T_{\text{цф}} = 5500 \dots 6000 \text{ K}$

3200
3800
5000

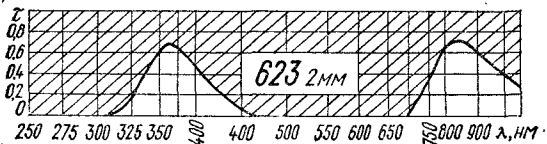
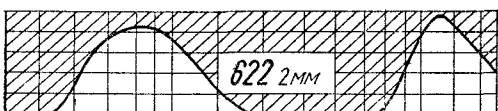
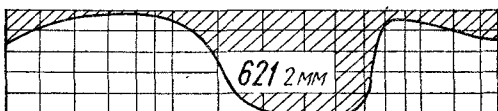
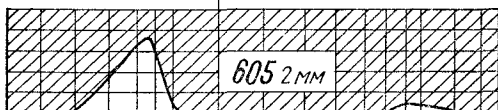
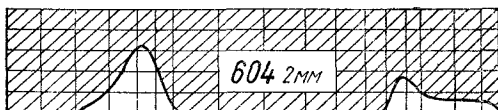
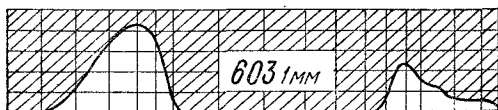
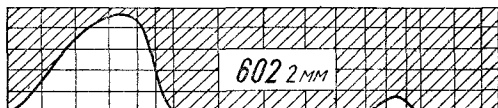
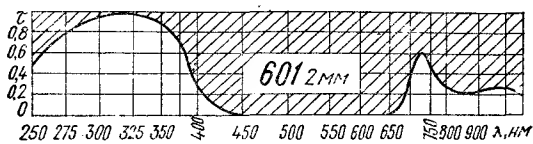
—
CC1*
—

K13 + K11
K12 + K11
K10

80A
80C
82A

СТВ-12
СТВ-8
СТВ-1

* Толщина стекла 3 мм.



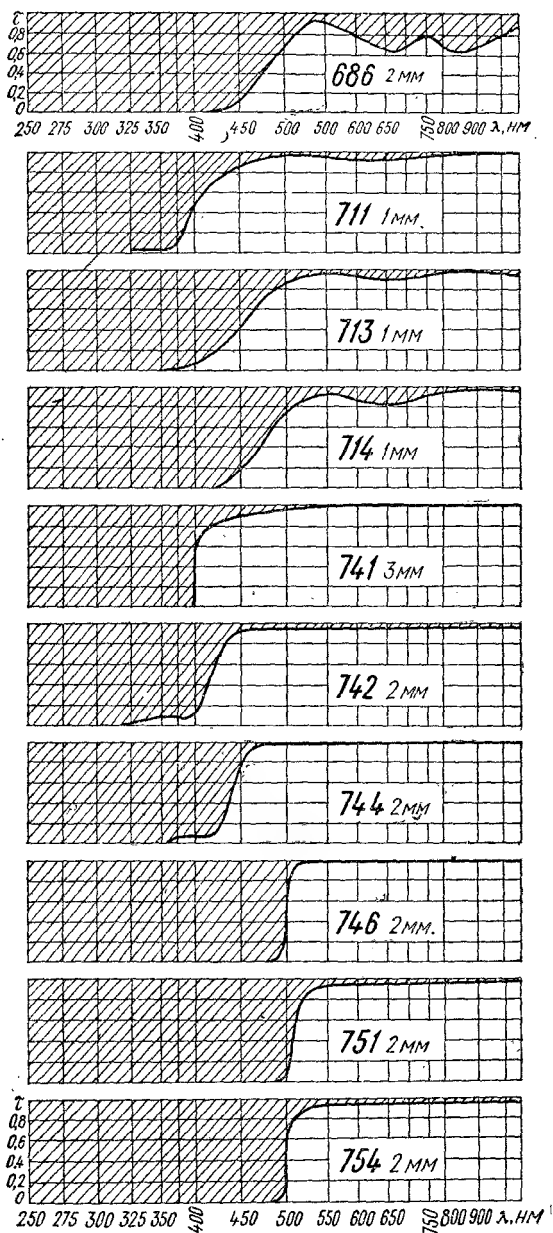
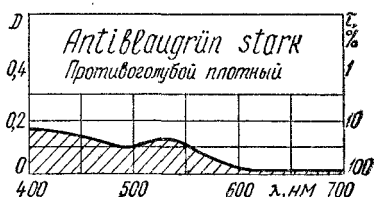
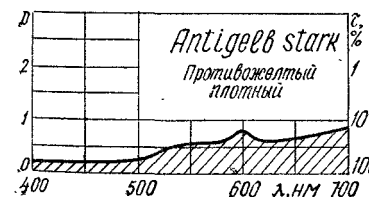
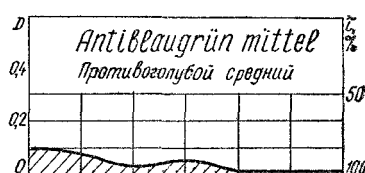
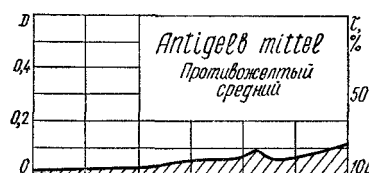
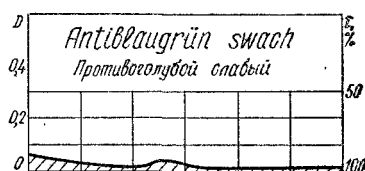
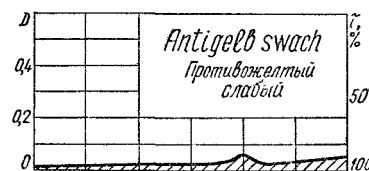
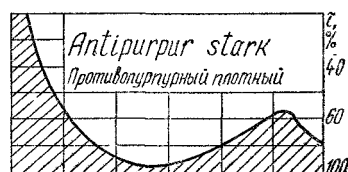
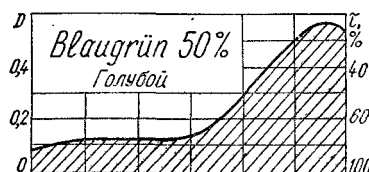
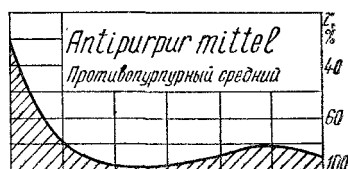
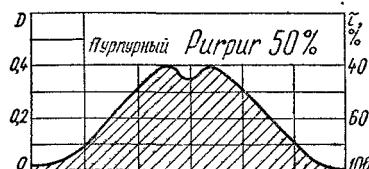
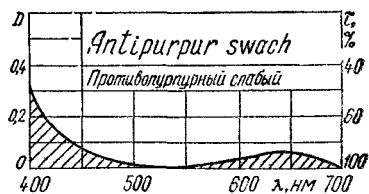
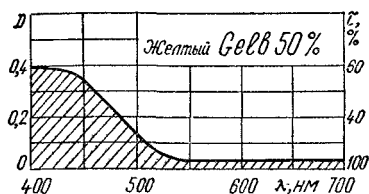


Рис. 156. Спектральные кривые светофильтров ОРВО для ультрафиолетовой и люминесцентной фотографии



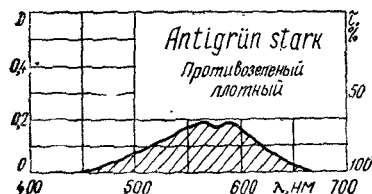
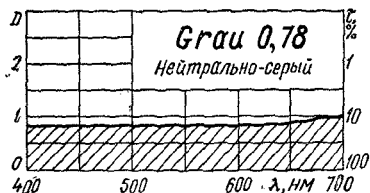
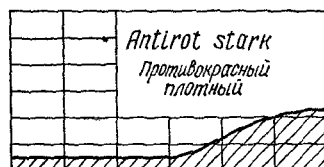
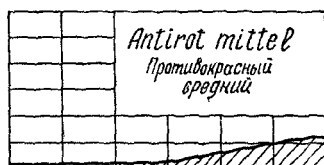
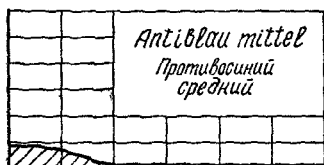
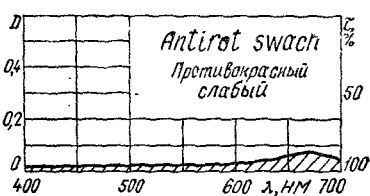
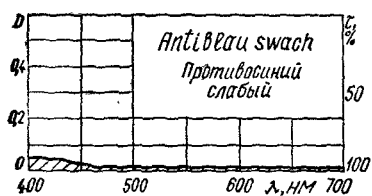


Рис. 157. Спектральные кривые
цветокорректирующих и ней-
трально-серого светофильтров
ОРВО

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

210. Структура фотослоев и фотоматериалов. Основой светочувствительных материалов является фотослой в виде суспензии галогенидов серебра в коллоидном растворе желатины, называемой на практике эмульсией. Желатина содержит во взвешенном состоянии в отдельности или в смеси микрокристаллы галогенидов серебра AgBr , AgCl , AgI с различными примесями — химическими сенситизаторами, участвующими в создании различной светочувствительности в пределах оптического диапазона длин волн. С целью улучшения свойств фотослоя желатина иногда частично или полностью заменяется синтетическими высокомолекулярными соединениями. От количества и размеров микрокристаллов зависит величина светочувствительности. Некоторые черно-белые негативные фотоэмульсии содержат следы солей золота, платины, иридия, увеличивающие светочувствительность в несколько раз.

Черно-белые эмульсии малочувствительного позитивного слоя имеют диаметр микрокристаллов около 0,63 мкм, негативного средней чувствительности — примерно 0,79 мкм, высокой — порядка 1,09 мкм, фотобумаги — до 1 мкм. Толщина фотослоя различна: на черно-белых пленках от 5 до 25 мкм, бумагах — 6—12 мкм, на цветных фотопленках — 15—30 мкм. Бесподложечные негативные фотослои для ядерной фотографии имеют толщину 500—1000 мкм и более. Фотоэмульсии трехслойных цветных материалов наряду с солями серебра содержат краскообразующие компоненты (бесцветные или окрашенные), создающие в слоях изображение из желтого, пурпурного и голубого красителей.

С целью улучшения физических свойств в фотоэмульсию вводятся различные добавки: стабилизаторы — для сохранности и увеличения срока годности, пластификаторы — для гибкости и пластичности, дубители — для повышения температуры плавления и уменьшения набухаемости, антисептики — для предохранения от бактериологического разрушения, смачиватели — для равномерности прилегания фотослоя к подложке, красители (в некоторых эмульсиях) — для повышения разрешающей способности и снижения ореолообразования.

Основой фотоматериалов является: для прозрачных подложек — фотостекло (пластинки) и триацетат целлюлозы (пленки). Отлитая подложка из триацетата в виде бесцветной ленты шириной 120 см служит основой для всех видов фото- и кинопленок. Площадь ленты ограничивается заданным технологией объемом изготавливаемой эмульсии для полива и называется «осью». Лента для оси отливается длиной порядка 16 000 м. Объем эмульсии готовится для полива примерно 9000 м ленты-основы. Ось и политая эмульсия одного приготовления обозначаются номерами. Обычная толщина подложки 120—150 мкм. Специальные виды материалов имеют подложку толщиной 70—80 мкм из лавсана (называемого за рубежом триленом, кронаром, эктаром и др.). У некоторых видов светочувствительных материалов подложка окрашена в слабый сиреневый или голубой цвет.

Светочувствительные эмульсии существующих фотоматериалов (не считая дополнительных вспомогательных слоев другого назначения) имеют традиционное строение (рис. 158). С целью улучшения фотографических свойств для цветных эмульсий фотоматериалов зару-

бежных фирм и некоторых новых типов отечественных (ЛН-9) принято другое строение. В его основу положено: разделение каждого зонального слоя на два полуслоя различной чувствительности, применение новых цветных компонентов, использование галоидного серебра но-

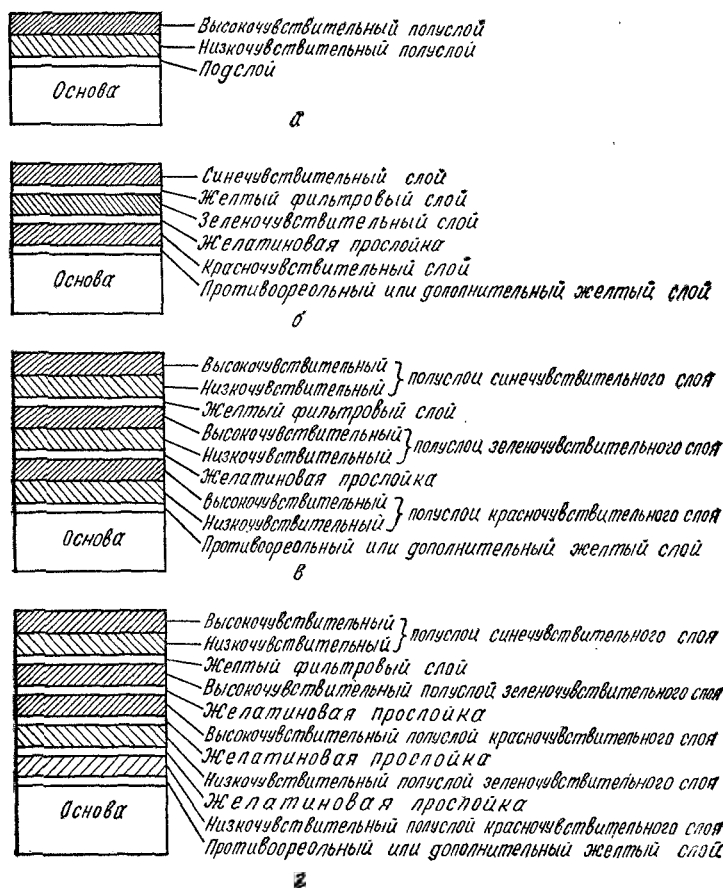


Рис. 158. Типовое строение светочувствительной негативной эмульсий (без вспомогательных слоев фотоматериалов):

а — традиционная черно-белая; **б** — традиционная цветная; **в** — новая эмульсия цветных пленок «Истменколор 5254», «Истменколор 5247», «Истменколор 5293», «Геваколор 6.80» и «Геваколор 6.82»; «Фудзиколор 8515», ЛН-9; **г** — новая эмульсия цветных пленок «Геваколор-400», «Фудзиколор-400» и «Ко-даколор-400»

вого типа, распределение цветных и маскирующих компонентов в оптимальном соотношении с галоидным серебром и др. В результате, у таких слоев значительно повышена светочувствительность и фотографическая широта, улучшена цветопередача и структурно-резкостные свойства. На рис. 159 показана характеристическая кривая А одного

зонального слоя новой эмульсии. Два полуслоя различной чувствительности *B* и *C* создают улучшенную характеристическую кривую всего слоя. Комбинирование полуслоев и желатиновых прослоек создает различные типы новых цветных светочувствительных материалов.

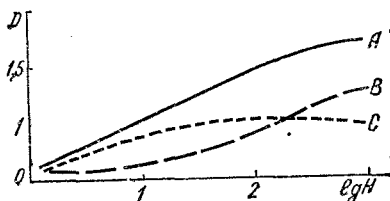
Фотопленки кроме эмульсии имеют вспомогательные слои толщиной 0,5—1 мкм: подслои, защитный, светофильтровый, противоореольный, противоскручивающий, противостатический и промежуточный слой.

Подслой находится между подложкой и эмульсией для обеспечения их прочного сцепления. Состоит из желатины, растворителя и вещества, способствующего набуханию подложки.

Защитный слой находится сверху эмульсии для предохранения от механических воздействий. Состоит из желатины и дубящих веществ, способствующих дополнительному задублению нижележащих слоев.

Светофильтровые цветные слои (в цветных пленках) для придания зональной чувствительности находятся между светочувствительными слоями и поглощают лучи, недопустимые для прохождения к нижележащему слою. В обычных

Рис. 159. Характеристическая кривая одного зонального цветного слоя *A* новой структуры, сформированная кривыми полуслоев *B* и *C*



цветных пленках желтый фильтровый слой между синечувствительным (наружным) и зеленочувствительным (средним) не пропускает синие лучи и обеспечивает получение цветоделенных изображений в среднем и нижнем слоях. Пурпурный фильтровый слой в некоторых цветных пленках между зеленочувствительными и красночувствительными слоями не пропускает зеленые лучи, чем улучшает выделение красного цвета. Светофильтровые слои обесцвечиваются в процессе обработки.

Противоореольный слой находится на задней стороне эмульсии или основы и поглощает лучи от ярких деталей объекта, прошедших через фотоэмульсию. Этот слой может состоять из различных веществ и частиц металлического серебра различного цвета. Наилучший слой имеет компонент сажи, поглощающий все лучи видимого света. Слой при обработке обесцвечивается. Некоторые подложки пленок для получения противоореольных свойств окрашены в слабый цвет.

Противоскручивающий слой наносится на противоположную фотоэмульсии сторону подложки для придания плоскостности.

Противостатический слой находится на наружной стороне подложки и устраняет накопление электростатических зарядов, засвечивающих эмульсию ветвистыми линиями и притягивающих пыль. Слой содержит электропроводные электролиты, замыкающие в себе разряды статического электричества.

Промежуточные слои (обычно желатиновые) характерны для цветных пленок и расположены между соседними светочувствительными слоями в качестве препятствия диффузии краскообразующих компонентов и красителей. Различные черно-белые пленки имеют один или два светочувствительных и несколько вспомогательных слоев. При двух светочувствительных слоях (полуслоях) верхний слой более, а нижний — менее чувствительный.

Особое место занимают цветные *аэрофотопленки* — спектрозональные фотоматериалы. Они усиливают и преобразуют реальные цветовые контрасты в условные. Для лучшего выявления и дешифрирования деталей ландшафта (растений, крон различных деревьев и др.) аэрофотопленки содержат два или три эмульсионных слоя, чувствительных к одной из основных цветовых зон спектра — синей, зеленой, красной или инфракрасной. Краскообразующие компоненты в слоях этих пленок подобраны так, чтобы образующиеся при цветном проявлении красители по цвету дополняли друг друга. Такое назначение обеспечивает результирующее цветное фотонизображение без потери деталей каждого из совмещенных однозональных изображений.

Фотопластинки имеют в своей основе фотостекло толщиной 0,8—5 мм в зависимости от формата. На стекло нанесен подслон, затем противоореольный слой и сверху — фотоэмульсия толщиной 120—240 мкм.

Фотобумаги в качестве подложки имеют высококачественную баритованную бумагу с желатиновой прокладкой для сцепления с эмульсией. Фотоэмульсия характерна многослойным строением с различной структурой поверхности. Толщина фотослоя 6—8 мкм. Толщина подложки для тонких бумаг — до 133 мкм, полукартон — до 180 мкм, картон — до 600 мкм. В зависимости от назначения и вводимых люминофоров подложка может иметь оттенки розового, кремового, сиреневого, голубоватого и палевого цветов.

Содержание серебра в эмульсии фотоматериалов колеблется в зависимости от сорта материала приблизительно от 1 г/м^2 (некоторые фотобумаги) до $10\text{—}15 \text{ г/м}^2$ (негативные высокочувствительные материалы и рентгеновские пленки).

211. Спектральная чувствительность фотоэмульсий определяется назначением и степенью сенсibilизации (очувствлением) к различным областям спектра. Эмульсия сенсibilизируется органическими красителями — оптическими сенсibilизаторами, способствующими восприятию галоидным серебром дополнительных лучей сверх его естественной светочувствительности в спектре светового диапазона, а также в УФ и ИК областях (рис. 160). Эмульсия фотоматериалов общего назначения сенсibilизирована для светового диапазона длин волн. При сенсibilизации несколько повышается естественная светочувствительность.

К волнам короче 180 нм чувствительны специальные «Шумановские» пластинки без желатин, поглощающей УФ коротковолновое излучение. В вакуумной спектроскопии кроме фотопластинок с низкой концентрацией желатин применяются фотоматериалы, сенсibilизированные люминофором. Для них коротковолновая область чувствительности достигает 0,1 нм. В ИК области спектра фотоматериалы сенсibilизируются до 1200 нм. Степень сенсibilизации фотослоев общего применения проводилась в течение длительного времени, те хнологически последовательно, с отражением этого процесса в названиях фотоэмульсий. Заданный диапазон сенсibilизации определяется граничной длиной волны, соответствующей уровню $0,1 S_{\text{макс}}$, и обозначается в справочнике $\Delta \lambda_s$. Наибольшая светочувствительность в этом диапазоне длиной волны $\lambda_{s_{\text{макс}}}$.

Эмульсия с естественной светочувствительностью воспринимает УФ лучи и лучи синей зоны спектра примерно в диапазоне 180—510 нм. Обработывается такая эмульсия при красном и оранжевом фильтре в лабораторном фонаре.

Ортохроматическая эмульсия (ортохром — прямой, т. е. правильный цвет) чувствительна к лучам до 590 нм. Относительно несенсibilизи-

вированной эмульсии ее общая светочувствительность повышена на 40% для дневного света и на 100 % для света ламп накаливания. Эмульсионный слой отличается розовым оттенком. Ортохром имеет относительно пониженную чувствительность к зеленым лучам. Применяется для микросъемки объектов, не имеющих красных деталей, для рентге-

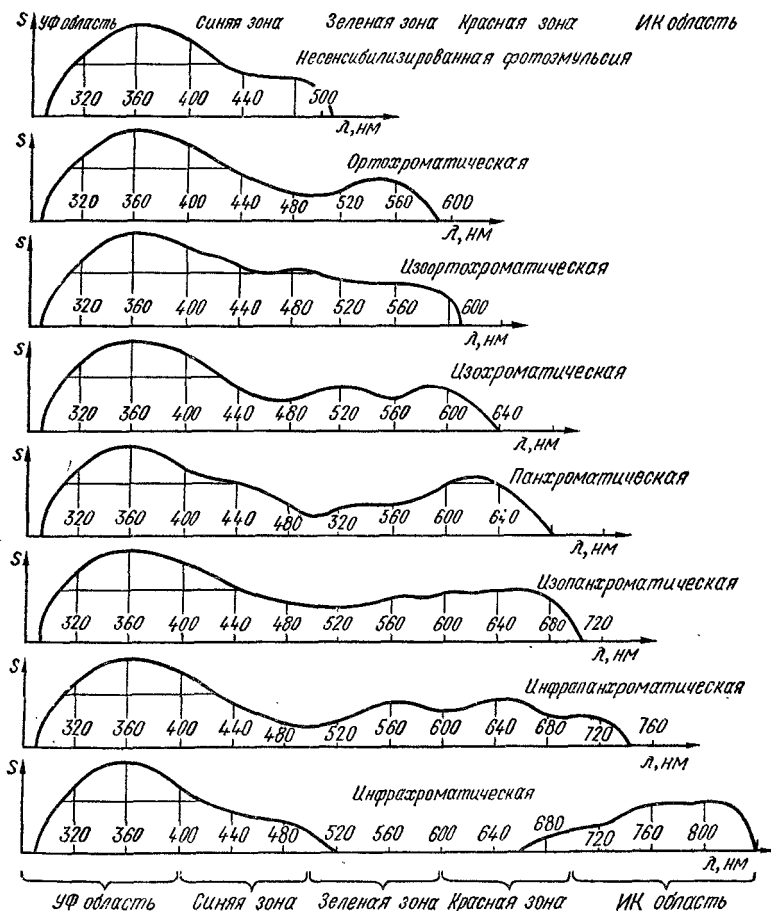


Рис. 160. Спектральные кривые чувствительности фотографических эмульсий общего применения

носъемки с зеленого экрана, для позитивных и технических материалов. Обработка ведется при красном фильтре.

Изоортохроматическая эмульсия (изоортохром, изоорто — равный, правильный цвет). Отличается от ортохрома повышенной чувствительностью к зеленым лучам в два раза. Предел сенсибилизации до 590 нм с относительно равномерной чувствительностью в пределах 400—590 нм. Хорошо передает зеленые цвета. Допускает обработку при красном фильтре.

Изохроматическая эмульсия (изохром — равный цвет). Предел сенсибилизации 650 нм с неравномерностью в пределах 400 — 650 нм. Чувствительная к светло-красным лучам. Общая светочувствительность, относительно естественной, повышена: для дневного света на 25 %, для света ламп накаливания — на 65 %. Эмульсия предпочтительна для съемки портретов и пейзажей. При съемке с желтым фильтром улучшает передачу синих цветов, с зеленым — значительно исправляет цветопередачу объектов. Обработку допускает при темнокрасном фильтре.

Панхроматическая эмульсия (панхром — весь цвет) сенсибилизирована до 680 нм. Имеет пониженную чувствительность к зеленым лучам. Общая светочувствительность, относительно естественной, повышена: для дневного света — на 100—150 %, для света ламп накаливания — на 150—200 %. Эмульсия применяется для всех видов фотосъемочных работ с фильтрами и без фильтров. Общая съемка предпочтительна с зеленым, желто-зеленым и сине-зеленым фильтрами. Допускает обработку при отраженном от экрана (стены) свете с темно-зеленым фильтром в фонаре. Эмульсия имеет зеленый оттенок.

Изопанхроматическая эмульсия (изопанхром — равный весь цвет) сенсибилизирована до 700 нм при заниженной чувствительности к зеленым лучам. Обработка производится в полной темноте. Применение аналогично панхроматической эмульсии.

Инфранхроматическая эмульсия (инфранхром — нижний цвет) сенсибилизирована к лучам до 900 нм с низкой чувствительностью к зеленым лучам. Применяется для всех случаев съемки в ближних лучах ИК спектра с применением фильтров КС, ИК, ИКС. В общей фотографии способна эффектно передавать свет лунной ночи. Зелень в позитиве передает белым тоном.

212. Зернистость фотослоя — неоднородность структуры изображения равномерно экспонированной поверхности фотослоя в виде различных мелких пятен. Зернистость, субъективно видимая в микроскоп, называется микрозернистостью, при определении приборами — гранулометрами — получает объективную оценку с названием гранулярности фотослоя (213). Зернистость, образованная группами пятен, видимых глазом, называется макрозернистостью и является субъективным параметром. Обычно зернистость зрительно обнаруживается при увеличении изображения. Степень субъективной зернистости определяется посредством набора стандартных образцов зернистой структуры фотослоя, по которым визуально на гранулометре методом сравнения оценивается зернистость измеряемого материала.

Мерой зернистости является величина, обратная наименьшему увеличению, при котором наблюдается зернистость изображения, определяется из отношения $100/\eta$, где η — степень увеличения изображения для различения зерна. Зернистость заметна на материалах с высокой светочувствительностью. Малочувствительные материалы менее зернисты и допускают относительно большие увеличения.

Зернистость увеличивается при отклонении от стандартной обработки с увеличением контраста, плотности, температуры и времени проявления, а также при отклонении от рекомендованных условий хранения.

Зернистость уменьшается при относительно выравнивающим проявлении в растворах, содержащих избыток сульфита натрия, при содержании роданистого калия или тиосульфата натрия, способствующих уменьшению зерен проявленного металлического серебра.

213. Гранулярность фотослоя σ_D — структурная неоднородность распределения оптической плотности фотослоя, равномерно экспонированного и проявленного в стандартных условиях обработки. Гра-

нулярность объективно определяет зернистость изображения. Влияя на предел разрешающей способности, гранулярность понимается как «фотографический шум», препятствующий воспроизведению мелких деталей.

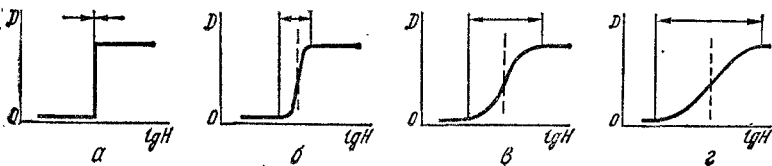
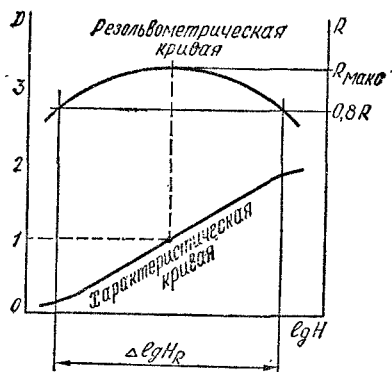
Гранулярность определяется на микроденситометре с электронным вычислением среднеквадратичного отклонения измеряемой оптической плотности относительно образца для трех величин плотностей. Степень гранулярности зависит от величины микрокристаллов галлоидного серебра и для отечественных фото- и киноплёнок находится в пределах 3—6,5 (НК-1 и НК-4) и 16—40 (Фото-32 и Фото-250). Наименьшей гранулярностью ($\sigma_D = 0,01$) отличаются мелкозернистые низкочувствительные черно-белые дубль-негативные киноплёнки.

Рис. 161. Кривые, характеризующие разрешающую способность фотослоя



Рис. 162. Стилизованные пограничные кривые переходной зоны от черного к белому на фотослое:

а — при идеальной резкости; б, в, г — практически возможные кривые перехода

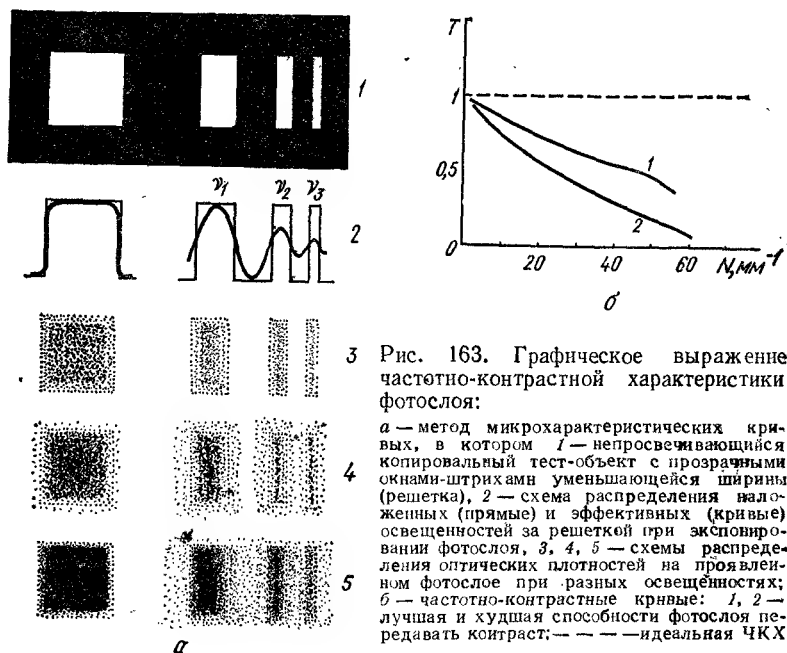


214. Разрешающая способность R характеризует возможность фотослоя воспроизводить мелкие соседние друг с другом детали оптического изображения объекта. R определяется наибольшим числом параллельных линий (штрихов) на 1 мм длины изображения посредством съемки проекционным (на резольвометре) или контактным способом стандартной резольвометрической миры с последовательно возрастающими экспозициями. Результаты измерения выражаются на резольвометрической кривой разрешения (резольвограмме) совместно с характеристической кривой фотослоя при стандартных условиях обработки (рис. 161).

Максимальная точка $R_{\text{макс}}$ кривой разрешения служит критерием фотослоя для данных плотности, контрастности и экспозиции. Интервал экспозиций между точками кривой, соответствующими $0,8 R_{\text{макс}}$, называется резольвометрической шириной L_R . Как правило, $R_{\text{макс}}$ относится к плотности $D = 0,9 \dots 1,2$, соответствующей коэффициенту отражения объекта с $\rho = 0,3 \dots 0,33$ (средняя светлота лица человека и светлота объекта с наилучшим восприятием для глаза). Разрешающая

способность черно-белых фотослоев характеризуется одним числом R , цветных — четырьмя: R — общее разрешение для света с определенной цветофотографической температурой и R_c , R_g , R_k — разрешение, полученное соответственно за синим, зеленым и красным фильтром.

215. Резкость фотографического изображения (противоореальность) — степень размытости границы между двумя участками изображения с различной экспозицией. Для фотослоя резкость определяется двумя факторами: ореолом отражения от подложки и ореолом рассеяния в структуре эмульсии. Резкость изображения характеризу-



3 Рис. 163. Графическое выражение частотно-контрастной характеристики фотослоя:

а — метод микрохарактеристических кривых, в котором 1 — непросвечивающийся копировальный тест-объект с прозрачными окнами-штрихами уменьшающейся ширины (решетка), 2 — схема распределения наложенных (прямые) и эффективных (кривые) освещенностей за решеткой при экспонировании фотослоя, 3, 4, 5 — схемы распределения оптических плотностей на проявленном фотослое при разных освещенностях; *б* — частотно-контрастные кривые: 1, 2 — лучшая и худшая способности фотослоя передавать контраст; — — — идеальная ЧКХ

ется *пограничной кривой*, показывающей зону перехода от темного к светлому участку изображения, т. е. степенью уменьшения оптической плотности на единицу длины от темного к светлому (рис. 162). Ширина этой зоны промеряется микроденситометром и, в зависимости от типа фотослоя, условий экспонирования и обработки, составляет 10—50 мкм. Степень резкости в единичных условиях эффективно определять по отпечатку лезвия безопасной бритвы, имеющей острый и прямой край. Изображение промежутка между черным и белым наглядно показывает противоореольные свойства фотослоя.

216. Частотно-контрастная характеристика фотослоя (ЧКХ) или функция передачи модуляции (ФПМ). Качество фотографического воспроизведения определяется степенью почернений деталей изображения в негативе относительно светлот деталей объекта. Геометрическая точка объекта на фотопленке воспроизводится не точкой, а размытым кружком. При этом контуры мелких деталей на изображении теряют контраст и сливаются с фоном, а большие площади почернения воспроизводятся относительно повышенным контрастом и теряют его по краям.

Например, если поверхность эмульсии экспонировать через неравномерную решетку при различной величине освещенности, то, почернения в негативном изображении получаются разноплотные и разноконтрастные (рис. 163, а).

ЧКХ определяется с помощью прямоугольной миры со штрихами, ширина которых и расстояния между ними убывают до размеров в микрометрах (имитация пространственной частоты освещенностей от деталей объекта). Измерение ЧКХ производится на микрофотометре резольвометра с оценкой плотности и прозрачности воспроизведенных на пленке линий. Для цветных пленок ЧКХ определяется для зеленого и красночувствительного слоя.

На графиках (рис. 163, б) ЧКХ выражает зависимость передачи контраста T от пространственной частоты деталей изображаемого объекта N . При малой пространственной частоте N фотослой обладает наивысшей способностью передачи контраста T . Кривая 1 соответствует фотослою с лучшей ЧКХ, кривая 2 — с худшей.

217. Физико-механические свойства фотокинопленок. К факторам сохраняемости параметров фотоматериалов относятся: качественный состав фотослоя и подложки, взаимодействие веществ фотослоя и подложки, упаковочные материалы и способы упаковки, температура, влажность и физико-химическая агрессивность среды, длительность хранения до экспонирования.

Хранение фотокинопленок вызывает временной процесс старения и при оптимальных условиях внешней среды параметры не выходят за пределы допусков, характерных для каждого вида материала. При благоприятных условиях хранения (по ГОСТу) допуски параметров могут сохраняться свыше гарантийного срока. Основным параметром фотослоя — светочувствительность, к концу гарантийного срока уменьшается не более чем на 25 %. Гарантийный срок установлен: для черно-белых материалов — один год, цветных — 6 мес, фотобумаг — до двух лет в зависимости от типа. Хранение в неблагоприятных условиях особенно отражается на цветных материалах, светочувствительные слои которых различны. Изменение их цветового баланса приводит к искажению цвета.

Агрессивность среды возрастает с присутствием выхлопных газов, аммиака, паров различных растворителей, сероводорода, приводящих к усиленному старению. В процессе хранения происходят различные изменения в подложке и фотослое. По своей гигроскопичности пленки стремятся к выравниванию своей влажности с влажностью окружающей среды. При повышенной влажности воздуха фотослой сильно набухает и выгибается наружу; при пониженной — выгибается внутрь. Выгибание способствует быстрому появлению царапин и лишает плоскостности. При полном высыхании пленка становится хрупкой и ломкой. В затхлых заплесневелых помещениях желатина подвергается разрушению микроорганизмами с потерей фотографических свойств.

Оптимальные условия хранения обеспечиваются в помещениях с влажностью воздуха 50—70 % и температурой 14—22 °С. Более целесообразна температура 1—4 °С. При хранении в холодильнике фотоматериалы должны быть упакованы в металлические коробки, оклеенные липкой лентой или запаянные в полиэтиленовые пакеты. Штучные фотопленки предпочтительно хранить в металлических или пластмассовых патронах с герметичной крышкой (аналогично хранению фотопленок фирмы ORWO). В холодильнике не должно быть продуктов, образующих биологически активную среду и способствующих гниению. При длительном хранении вне холодильника фотоматериалы должны храниться только в герметических упаковках с соблюдением всех

остальных условий. Особое внимание должно быть уделено хранению цветных и ИК материалов.

Скрытое изображение на фотоматериале после экспонирования подвергается естественному разрушению — регрессии, протекающей в пределах от недель до нескольких месяцев в зависимости от условий хранения до обработки и типа материала (особенно велика регрессия низкокочувствительных и мелкозернистых материалов). С повышением температуры и влажности регрессия усиливается. Хранение экспонированных материалов при температурах близких нулю замедляет регрессию или полностью исключает. Для длительного сохранения скрытого изображения до обработки экспонированные материалы следует поместить в холодильник и содержать при температуре 4—10 °C в герметичной упаковке.

Сохраняемость проявленного изображения зависит от качества обработки, особенно промывки, а также от длительности и условий хранения. Черно-белые изображения из металлического серебра под действием невымывших из фотослоя химических веществ в течение времени могут окрашиваться или обесцвечиваться. Цветные изображения вследствие непрочности красителей менее долговечны. При длительном хранении цветного изображения в темноте происходит распад голубого красителя, в результате чего блекнет изображение красного, коричнево-желтого или коричневого цвета. При длительном воздействии на цветное изображение света, содержащего УФ лучи (солнечный свет), красители быстро разрушаются и обесцвечиваются.

218. *Физико-механические свойства фотобумаг.* Термостойкость фотослоя зависит от условий обработки, сушки и эксплуатации. При нормальной влажности окружающего воздуха фотослой бумаги устойчив к температурным изменениям. С повышением влажности температура плавления слоя снижается и становится критичной при обработке. Относительно низкую температуру плавления слой приобретает, находясь в щелочной среде, подвергаясь эмульсии сильному набуханию. Наибольшую опасность представляет среда вокруг набухшей эмульсии в процессе сушки и глянцевания.

За температуру плавления принята температура паровоздушной среды, в которой набухший в соответствующих обрабатывающих растворах фотослой начинает оплавляться. Паровоздушная среда образуется в процессе горячей сушки между фотослоем и поверхностью электроглянцевателя. Плавление слоя определяется по искривлению прямых линий сетки, нанесенной тушью на фотослой бумаги. В обычных условиях горячей сушки температура плавления ограничивается 60—70 °C. При скоростной сушке температура доходит до 100 °C, поэтому необходимо предварительное задубливание слоя.

Для улучшения физико-механических свойств некоторые типы фотобумаг (Самшит, Березка, Снежинка, Фотоцвет-9) выпускаются с двусторонним полиэтиленовым покрытием. Полиэтиленированные фотобумаги обладают минимальной линейной деформацией, хорошей плоскостностью и высоким глянцем.

Устойчивость фотослоя бумаги к давлению и трению характеризуется отсутствием фрикционной вуали — пятнистого, линейного или другого вида почернения после обработки. Наиболее чувствительна фотобумага к скользящей нагрузке на фотослой, вызывающей штрихобразные полосы (фрикционные повреждения). Скользящее усилие на фотослой порядка 5 г/см² может вызвать фрикционную вуаль, если бумага не имеет защитного покрытия. Механическое давление на слой без трения (статическая нагрузка) допускает относительно большие величины. При верхнем защитном слое дефекты давления и трения исключаются.

Сохранность фотобумаг определяется технологическими особенностями фотоземлюльсии, качеством подложки и условиями хранения. Нормальными условиями хранения считается относительная влажность среды 50—60 % и температура 18—20 °С при обязательном размещении пакетов и рулонов на торце.

Цветовой оттенок черно-белых изображений зависит от типа черно-белой фотобумаги и проявляющего вещества. Черный цвет изображения обычных бумаг при обычном режиме обработки может приобретать синеватый или коричневатый оттенок, зеленоватый оттенок характеризует истощенность проявителя с большим количеством бромистого калия. На некоторых типах фотобумаг изображению можно придавать выраженный цветной оттенок, разбавляя соответствующий проявитель и варьируя временем обработки.

Оптическая плотность почернения на черно-белых бумагах определяется десятичным логарифмом отношения падающего и отраженного от почернения светового потока. Эта особенность ограничивает максимальную плотность почернения до $D = 1,9$ — для глянцевых и $D = 1,3$ — для матовых фотобумаг. При обработке фотобумаг используется вся характеристическая кривая, т.е. фотографический отпечаток должен иметь совершенно белые и предельно черные (для данного типа бумаги) участки изображения хотя бы и небольшой площади. Для передачи деталей изображения малыми плотностями вуаль должна быть исключена, поскольку свет, попадая в глаз наблюдателя, проходит через фотослой в прямом и отраженном от подложки направлении, и малейшее потемнение становится заметным.

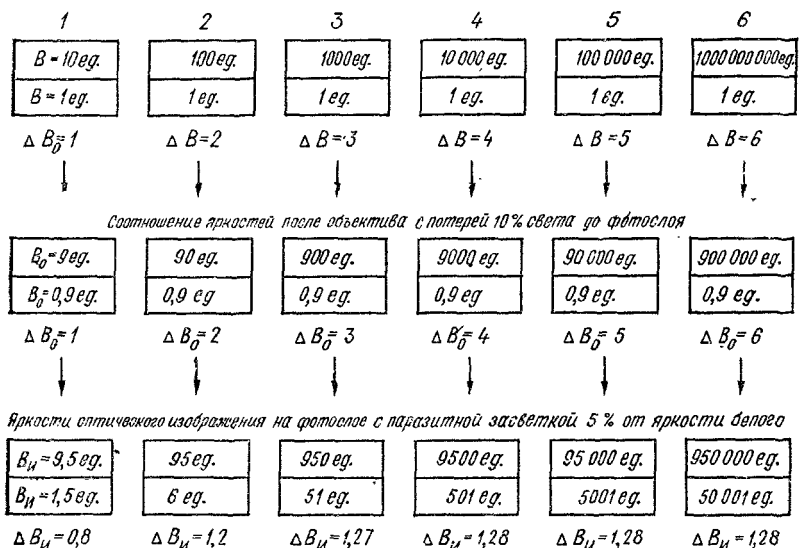
Оптимальное время проявления в стандартном проявителе 1—2 мин. За это время изображение достигает установленного типом бумаги контраста. При более длительном проявлении контраст не увеличивается, а повышается общая плотность изображения, т.е. повышается светочувствительность фотобумаги. У матовых бумаг фотослой содержит матирующее вещество, поэтому проявленное изображение после высыхания характерно некоторой «жухлостью». Полуматовые бумаги этим свойством не обладают.

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МАТЕРИАЛОВ

219. Оптическое изображение на фотослое при съемке. Изображение формируется на фотослое посредством объектива съемочной камеры. Объектив, как физическое препятствие на пути лучей света от объекта съемки к фотослою, вносит количественные изменения в световое изображение объекта: часть лучей отражается и поглощается его линзами (10 %), а значительное количество света за объективом (50—60 %) отражается поверхностью фотослоя и попадает на детали внутри съемочной камеры, диафрагму и поверхность задней линзы. Отраженный от этих элементов свет возвращается к фотослою, создавая на нем дополнительную паразитную засветку. При этом в изображении в значительной степени уменьшается интервал яркости объекта, приводящий к изменению его тоновоспроизведения. Паразитная засветка тем больше, чем больше светлых участков объекта. Из них практически половина создает эффективную паразитную засветку фотослоя.

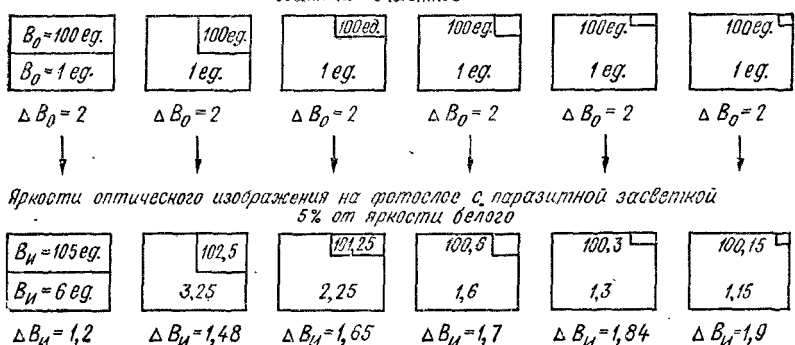
На рис. 164, а сверху сдвоенные прямоугольники показывают соотношение равновеликих участков объекта с большими и малыми величинами яркостей в относительных единицах. Под прямоугольниками указан интервал этих яркостей ΔB_0 в логарифмическом выражении. Например, в первом объекте участки яркости создают соотношение

Объекты съемки с различным интервалом яркости в относительных единицах



a

Объекты съемки с равными интервалами яркости и различной площадью светлых участков



б

Рис. 164. Схема изменения интервала яркости оптического изображения (внизу):

a — при равновеликих участках темного и белого на объекте съемки; *б* — с различной площадью белых участков. Интервалы яркости: ΔB_0 — объекта, ΔB_H — оптического изображения на фотослое

равное $10 : 1 = 10$, при этом $\lg 10 = 1$, т. е. $\Delta B_0 = 1$. В шестом объекте $\Delta B_0 = 6$.

Средний ряд прямоугольников показывает соотношение яркостей с учетом 10 % потерь полезного светового потока. Вместо 10 ед. яркости от первого объекта за объективом получается только 9, от шестого объекта вместо 1 млн. — 900 тыс. ед. Яркости темных участков становятся равными 0,9 ед. При таких соотношениях ΔB_0 всех объектов остается неизменным.

Нижний ряд показывает соотношение яркостей оптического изображения на фотослое при воздействии паразитной засветки. Если ед. яркости 5 % от максимальной яркости, то на 9 ед. светлого участка первого объекта накладывается дополнительно 0,5 ед. (0,45 округлено до 0,5) и общая яркость составит $9 + 0,5 = 9,5$ ед., темный участок оптического изображения получает яркость $1 + 0,5 = 1,5$ ед. и т. д. При этом с увеличением яркости светлого участка соотношение обоих яркостей резко уменьшается, поскольку на площадь с малой величиной яркости накладывается относительно большая величина засветки, разбавляя ее: для первого объекта малая яркость $B = 1 + 0,5 = 1,5$ ед., а для последнего $B = 1 + 50\,000 = 50\,001$ ед. Такое изменение ΔB_n передает детали яркости и интервал яркости объекта в искаженном виде.

Преобладание светлых участков над темными создает большую интегральную яркость и характерно для объектов с большой площадью в кадре яркого неба, снежных покровов и др. При съемке таких объектов предельный интервал яркостей на фотослое ΔB_n не превышает 1,3. Если объект содержит больше темных площадей (его интегральная яркость мала), то интервал яркостей оптического изображения превосходит эту величину.

На рис. 164, б показано, как с уменьшением площади светлых участков объекта с одинаковым интервалом яркостей $\Delta B_0 = 2$ и с соответствующим уменьшением 5 %-ной паразитной засветки увеличивается интервал яркостей оптического изображения ΔB_n на фотослое. Потери 10 % света за объективом здесь не учитываются.

В первом объекте светлое поле, равное половине площади объекта интенсивно засвечивает вторую (темную) половину изображения уменьшая ΔB_n до 1,2 ($90 + 5 = 95$ ед., $1 + 5 = 6$ ед., $95 : 6 = 16$ $\lg 16 = 1,2$). В четвертом, например, объекте площадь светлого поля в 8 раз меньше площади светлого поля первого объекта и, следовательно, в 8 раз меньше засвечивает темное поле ($5 : 8 = 0,6$ ед.). Отсюда $90 + 0,6 = 90,6$ ед. и $1 + 0,6 = 1,6$ ед. Отношение $90,6 : 1,6 = 56$, $\lg 56 = 1,75 = \Delta B_n$.

Интервал яркостей оптического изображения на фотоматериале в съемочной камере всегда меньше интервала яркостей объекта и никогда не бывает более 2—2,3 (темный объект) при среднем значении 1,3—1,5 (средний по светлоте объект). Поэтому величиной 1,3 отмечен интервал экспозиций $\Delta \lg H$ на стандартном сенситометрическом бланке ГОСТ 10691.2—84 для вычисления среднего градиента характеристической кривой. При съемке объектов с малыми участками большой яркости или полном их исключении изображение на фотослое в относительном светлотном соотношении приближается к объекту съемки. В большинстве случаев детали яркости оптического изображения уменьшены относительно реальных абсолютных величин и поэтому изменяют световые характеристики объекта.

При съемке на цветные материалы неизбежное рассеяние света внутри съемочной камеры и паразитная засветка фотослоя приводит или к разбеливанию цвета (при равных частях в негативе желтого,

пурпурного и голубого), или к приданию изображению цветного оттенка при преобладании какого-либо одного цвета в объекте. На рис. 165, а зональными графиками показано влияние рассеянного света на цветное оптическое изображение объекта с четырьмя равновеликими площадками участками цвета. Рассеянный свет содержит в себе следующие составляющие: 10 % белого, 10 % желтого, 10 % пурпур-

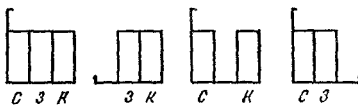
Равномерные по площади цвета объекта съемки

Белый	Желтый	Пурпурный	Голубой
$B=100\text{атн.ед.}$	$B=100$	$B=100$	$B=100$



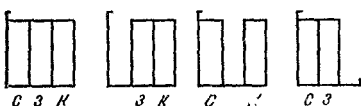
Разные площади цветов объекта съемки

Белый	Желтый	Пурпурный	Голубой
100атн.ед.	$B=50$	$B=200$	$B=50$



Яркости цветных участков с потерей 10% света после объектива без учета паразитной засветки

Белый	Желтый	Пурпурный	Голубой
$B=90\text{атн.ед.}$	$B=90$	$B=90$	$B=90$



Яркости оптического изображения на фотослое с паразитной цветной 10% засветкой

$B+B+П$	$Ж+B+П$	$П+B+П$	$Г+B+П$
$90+4+4$	$90+4+4$	$90+4+4$	$90+4+4$



б

Яркости оптического изображения на фотослое с паразитной засветкой 10% для каждого цвета

Белый	Желтый	Пурпурный	Голубой
$90б+4б=94б$	$90ж+4б$	$90п+4б$	$90г+4б$



а

Яркий цветной участок изображения наложится дополнительно $20 : 4 = 5$ ед. рассеянного белого света. Цвета в позитиве разбелются и станут менее насыщенными. Это изменение показано на рисунке зональными графиками.

Если в объекте будет преобладать большая площадь одного цвета, то распределение 10 %-ной паразитной засветки будет иным (схема на рис. 165, б). С площади белого цвета, принятой за единицу, рассеивается 10 ед. белого, с половинной площади желтого — 5 ед., с удвоенной площади пурпурного — 20 ед. и с половинной площади голубого — 5 ед. В аддитивной смеси 5 ед. каждого цвета создадут в сумме

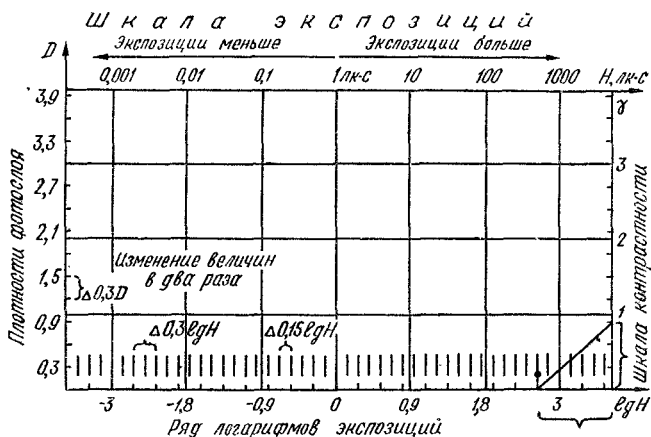
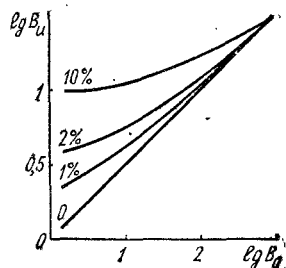
Рис. 165. Схема влияния паразитной засветки цветного фотослоя на разбелку цветов в оптическом изображении при площадях цветных участков: а — одинаковых, б — разных

ного и 10 % голубого. Из них аддитивное действие равноценных по величине цветных составляющих создает на поверхности изображения дополнительный белый цвет: $10ж + 10п + 10г = 10б$. Тогда в сумме $10б + 10б = 20$ белого. На каж-

5 ед. белого цвета. Тогда имеющиеся на первом поле объекта рассеянные $10б + (5ж + 5п + 5г)$ составят $10б + 5б = 15$ ед. белого. На фотослой паразитная засветка будет накладываться $15б + 15п$ (с вычетом 5 ед. пурпурного). Каждый из четырех цветов на оптическом изображении объекта получит дополнительно $(15б : 4) + (15п + 4) = 4б + 4п$. Зональные графики показывают, что белый цвет примет пурпурный оттенок, желтый покраснеет и разбелится, пурпурный разбелится, голубой посинеет и разбелится. Как видно из рис. 165 неодинаковое по площади и интенсивности распределение в объекте цветовых участков цветного изображения при рассеянии света на фотослое изменяет цветность объекта, разбеливает его цвета с уменьшением контраста и придает цветной оттенок белым деталям.

Рис. 166. Кривые светорассеяния в съемочной камере

Рис. 167. Схема параметров фотослоя на стандартном сенситометрическом бланке



Преобладающая цветность в объекте создает трудности в тоновоспроизведении изображения. В противоположность этому объекты, содержащие самые разнообразные цвета без больших участков какой-либо одной цветности, при учете светорассеяния улучшают тоно- и цветовоспроизведение. Общее правило цветовоспроизведения — точная передача распределения яркостей и цветов в его оптическом изображении невозможна и не может быть достигнута из-за неодинакового изменения контраста световых и цветовых элементов объекта; создается лишь общий характер их распределения.

Кривые на рис. 166 показывают, что светорассеяние приводит к уменьшению интервала освещенности изображения и падению контраста. Отношение $\Delta \lg B_0 / \Delta \lg B_u$ называется коэффициентом светорассеяния R , а величина, обратная этому отношению, — коэффициентом падения контраста $\beta = 1/R$. Степень рассеяния света зависит от типа

объектива, его просветления, светлоты и площади диафрагмы, а также от конструкции камеры и бленды. Диафрагмирование объектива до 8—11 значительно уменьшает степень рассеяния и является более эффективным средством чем выбор, например, более просветленной оптики.

220. Стандартный бланк и характеристическая кривая. Стандартный сенситометрический бланк (ГОСТ 10691.0—84) предназначен для выражения сенситометрических показателей фотослоя при первичных испытаниях кинофотоматериалов без применения съемочных камер. Схема бланка показана на рис. 167. Бланк построен на двух осях прямоугольных координат. По оси абсцисс откладываются логарифмы экспозиций, по оси ординат — оптические плотности. Вверху бланка размещена горизонтальная шкала экспозиций в люкс-секундах. Справа внизу бланка — вертикальная шкала коэффициента контрастности.

Масштабы экспозиций H и плотности D на осях определены отрезками одинаковой длины. Отрезок единицы плотности равен отрезку единицы логарифмов экспозиций: $\Delta D1 = \Delta \lg H1$ или $0,3D = 0,3\lg H$. Из этого следует, что изменению логарифмической величины на 0,3 плотности или экспозиции соответствует изменение их абсолютных величин в два раза, что сочетается с диафрагмированием объектива, позволяющим изменять по его шкале относительное отверстие в два раза и соотносить изменения освещенности к изменениям плотности. Равенство отрезков также позволяет находить численное значение коэффициента контрастности по шкале γ справа бланка. Размеры бланка выполняются такими, чтобы изменение D и $\lg H$ на единицу выражалось на обеих осях отрезками длиной 50 мм. Под бланком размещается шкала светочувствительности, положение которой различно в зависимости от типа испытываемого материала. К середине оси абсцисс относится экспозиция в 1 лк · с (верхняя шкала), логарифм которой внизу бланка равен нулю. Логарифмы меньше нуля численно выражаются отрицательными, больше нуля — положительными числами.

На стандартный бланк нанесены вертикальные линии — ординаты с расстоянием, равным $0,15 \lg H$ соответственно константе сенситометрического клина ($\sqrt{2} = 1,4$) для производства отсчета его плотностей при измерениях. В случаях практического применения бланка для киноматериалов разработан сенситометрический бланк НИКФИ, имеющий вверху и внизу шкалы различных величин H и $\lg H$.

Характеристическая кривая фотослоя в системе координат сенситометрического бланка выражает сенситометрическую зависимость оптических плотностей негатива D от десятичных логарифмов экспозиций $\lg H$. Величины плотностей получаются по результатам измерений сенситограмм, экспонированных в сенситометре, при стандартных условиях обработки (рис. 168). Наибольшая плотность сенситограммы получается при выдержке сенситометра $1/20$ с, создающей экспозицию 2,5; 3,5 или 5 лк · с, в зависимости от светочувствительности материала.

Участок кривой 0—1 — плотность вуали D_0 , **1—3** — начальный участок характеристической кривой с непропорциональной передачей яркостей объекта, **3—4** — прямолинейный участок с пропорциональной передачей яркостей объекта, **4—6** — верхний участок непропорциональной передачи, **6—7** — область соляризации.

Точка 2 — порог наименьшего почернения, равный $D_0 + 0,1$. Эта точка определяет начальную плотность негатива, служащую критерием ($D_{кр}$) для нахождения числа светочувствительности нега-

тивных черно-белых фотокиноплёнок общего применения и вычисления контраста материала посредством $\bar{g}$. Для других материалов эта точка может иметь другое значение плотности.

Точка 6 — максимальная плотность фотослоя.

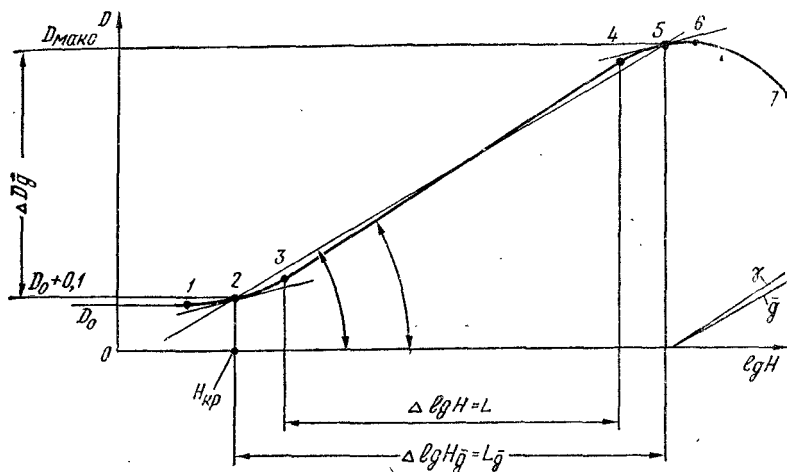


Рис. 168. Характеристическая кривая фотослоя негативного материала в системе координат сенситометрического бланка

Точки 2 и 6 обозначают границы разности плотностей и логарифмов экспозиций, создающей максимальные полезные интервалы плотностей и экспозиций;

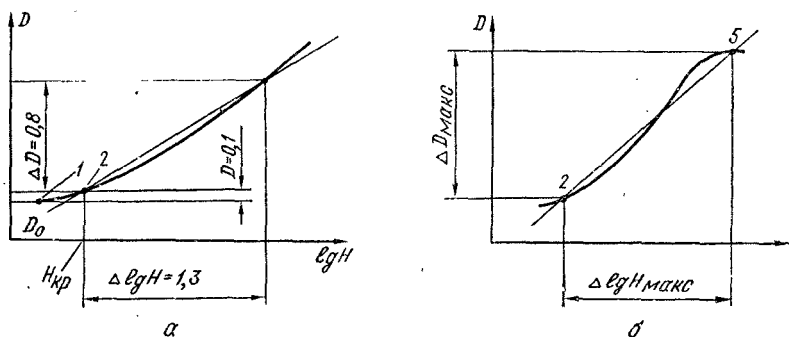


Рис. 169. Стандартные параметры характеристической кривой для среднего (а) и среднего полезного (б) градиента

γ — коэффициент контрастности (гамма) определяется tg угла наклона прямолинейного участка 3—4 к оси абсцисс;

$\bar{g}$ — средний градиент учитывает начальный участок характеристической кривой непропорциональной передачи и определяется углом наклона прямой линии из точки 2 к точке на кривой, отстоящей вправо по оси абсцисс на расстояние $\Delta \lg H \approx 1,3$ (рис. 169, а). Различа-

ется *средний полезный градиент*, учитывающий все полезные плотности фотослоя и определяемый углом наклона прямой линии 2—5 к оси абсцисс (рис. 169, б);

L — *фотографическая широта* — интервал логарифмов экспозиций, соответствующий прямолинейному участку кривой 3—4 (рис. 168);

$L_{\bar{g}}$ — *полезная фотографическая широта* — интервал логарифмов экспозиций, соответствующий полезному участку кривой 2—5, охватывающему прямолинейный участок и обе области непропорциональной передачи (нижнюю и верхнюю);

$\Delta D_{\bar{g}}$ — *полный интервал плотностей*, соответствующий полезной фотографической широте.

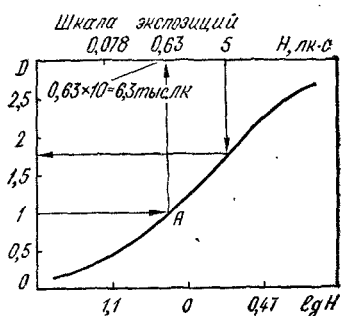
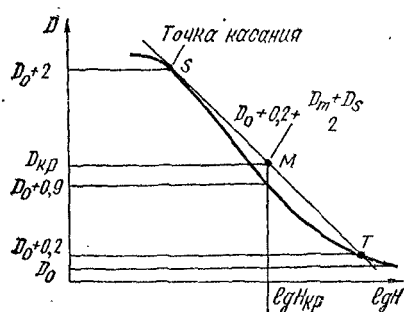


Рис. 170. График определения критерия плотности (в точке M) для черно-белых обрабатываемых пленок

Рис. 171. Схема определения съемочной освещенности лица человека при плотности в негативе $D=1$ для выдержки $1/50$ с и диафрагмы объектива 4

Критерий светочувствительности $H_{кр}$ — величина оптической плотности, для которой определяется число светочувствительности при заданных условиях обработки. Критерий определяется по плотности, соответствующей наиболее темному участку или сюжетно важной детали объекта съемки. По отечественным стандартам в качестве критерия приняты следующие плотности:

$D_0 + 0,1$ — *минимальная плотность негатива*, соответствующая наиболее темному участку объекта (например светоте черного бархата). Выбрана для полного использования светочувствительности фотослоя. Этот критерий применяется для черно-белых фотокинопленок общего назначения и негативных фотопластинок;

$D_0 + 0,85$ — *плотность сюжетно важной детали* в цветном изображении. Определена для цветных негативных и обрабатываемых материалов в качестве средней плотности лица человека, а также фототехнических пленок и черно-белых аэрофотопленок (плотность $D=0,9 \dots 1,1$ соответствует наибольшему разрешению);

$D_0 + 0,9$ — *плотность, соответствующая средней точке M на линии $S-T$ (рис. 170)*. Определена для черно-белых обрабатываемых пленок, поскольку характеристические кривые этих пленок имеют прогиб, а также для контратипных, позитивных, фонограммных кинопленок и позитивных фотопластинок;

$D_0 + 1$ — критериальная плотность для позитивных материалов.
 221. Определение съёмочных экспозиций по характеристической кривой. Сенситометрическая светочувствительность фотослоя определяет экспозицию для самого темного участка объекта. Для других участков (более светлых) расчетную экспозицию можно определить по шкале экспозиций, к которой «привязана» характеристическая кривая, вычерченная на стандартном сенситометрическом бланке. Каждой точке кривой, выражающей оптическую плотность фотослоя, соответствует определенная экспозиция в люксах на шкале в верхней части бланка. Обычно необходимы данные для получения оптимальной плотности лица человека в негативе.

Для уяснения принципа расчета удобно вначале отнести экспозицию фотослоя к выдержке в 1 с. Если уменьшить выдержку в 50 раз до 1/50 с (наиболее распространенной выдержки при съемке), то указанная освещенность фотослоя должна быть увеличена в 50 раз и стать 50 лк при условии полного, без потерь, пропускания света объективом.

Однако, в связи с потерями света в объективе, следует освещенность фотослоя перевести в освещенность объекта посредством учета действительной светосилы объектива и коэффициента отражения объекта ρ . Действительная светосила просветленного объектива (с учетом световых потерь) имеет следующие величины при значениях диафрагмы:

Диафрагма	1,4	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22
Действительная светосила	8	16	32	64	128	256	512	1025	2050

В основу расчета берется диафрагма 4, широко используемая в съёмочной практике. При этой диафрагме объектив уменьшает свет в 64 раза. Лицо человека как, например, сюжетно важная деталь с $\rho = 0,3$ при отражении ослабляет свет в 3,3 раза относительно идеально белой отражающей поверхности ($1 : 0,3 = 3,3$). Общее уменьшение освещенности на фотослое после учета этих величин при диафрагме 4 составит $64 \times 3,3 = 200$ раз. Учитывая первый множитель уменьшения освещенности 50 (при выдержке 1/50 с) и второй — 200, получаем общее ослабление света на фотослое в $50 \times 200 = 10\,000$ раз. Величина 10 000 является общим множителем для получения освещенности в люксах, а для освещенности в тысячах люкс можно применить множитель 10.

Расчет освещенности ведется по имеющейся характеристической кривой фотослоя на стандартном бланке (рис. 171). По шкале плотности выбирается $D = 1$ (плотность лица человека в негативе) и проецируется вправо на кривую в точку А. Из этой точки вверх проводится нормаль к шкале экспозиций. В данном примере нормаль указывает экспозицию 0,63 лк. с. Умножив это число на множитель 10 000, получаем освещенность $0,63 \times 10\,000 = 6300$ лк или умножая на множитель 10 получим 6,3 тыс. лк. Найденная освещенность предназначена для съемки лица человека при выдержке 1/50 с и диафрагме 4. Варьируя величинами диафрагмы и выдержки, можно получить нужное их сочетание.

В обратном порядке расчета, начиная с выбора освещенности по множителю, можно определить плотность в негативе для любой детали объекта.

СЕНСИТОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСЛОЕВ

222. Светочувствительность S — способность фотослоя реагировать на минимальную экспозицию, вызывающую минимальное почернение фотослоя, отличное от плотности вуали на определенный уровень, при свете определенного спектрального состава и заданных условиях обработки. Единицей светочувствительности является единица ГОСТ (ед. ГОСТ), под которой понимается чувствительность такого фотослоя, на котором требуемая плотность (плотность критерия воспроизводится под действием экспозиции $1 \text{ лк} \cdot \text{с}$).

Количественной мерой светочувствительности является число, равное обратному количеству освещения $H_{\text{кр}}$, вызвавшего критериальное почернение $D_{\text{кр}}$: $S = K/H_{\text{кр}}$ или $S = K/H_{D_0 + D}$, где K — коэффициент пропорциональности, приводящий светочувствительность фотоматериалов к величинам ед. ГОСТ.

Общая светочувствительность S черно-белых и цветных фотослоев относится к свету с $T_{\text{цф}} = 5500 \text{ К}$. Общая светочувствительность цветных негативных материалов оценивается средней величиной трех частичных светочувствительностей: $S = (S_{\text{ж}} + S_{\text{к}} + S_{\text{г}})/3$; цветных позитивных материалов — по наименьшей, а обрабатываемых цветных материалов — по наибольшей из трех частичных светочувствительностей.

Спектральная светочувствительность S_{λ} черно-белых фотослоев относится к монохроматическому (однородному) излучению.

Эффективная светочувствительность $S_{\text{эф}}$ черно-белых фотослоев ($S_{\text{ж}}$, $S_{\text{к}}$) относится к желтому, оранжевому или красному свету для определения степени сенсibilизации фотослоя к лучам этих цветов. $S_{\text{эф}}$ определяется по части белого света, прошедшей через желтый, оранжевый или красный светофильтр (цветные оптические стекла: ЖС18 — фильтр Ж-2, ОС14 — фильтр 0—2,8; КС14 — фильтр К-5,6; для ИК слоев — стекла КС14 + КС19).

Сенситометрическая и практическая светочувствительность. Величина сенситометрической чувствительности, указанной на упаковке фотоматериала, характерна для минимального почернения за сенситометрическим клином без влияния погрешностей съемочной системы и светлотной характеристики объекта. Практическая светочувствительность зависит в основном от интервала светлот объекта и светорассеяния в съемочной камере (219). При минимальной экспозиции от самого темного элемента съемочного объекта определяется способность фотослоя воспроизводить изображение определенного фотографического качества. Критерием субъективной оценки качества изображения является его общая тональность и тональность сюжетно важной детали объекта, в соответствии с которой определяется ее плотность в негативе на основе характеристической кривой.

Как правило, сюжетно важная деталь (например среднее лицо человека с $p = 0,3 \dots 0,33$) в изобразительной или другой фотографии имеет в негативе плотность $D = 0,9 \dots 1,1$ как плотность наилучшего фотографического разрешения и восприятия. Соответственно этой плотности производится общая оценка светлот объекта и возможность их воспроизведения с учетом светорассеяния, фотографической широты фотослоя и гаммы проявления. При этом практическая светочувствительность несколько отличается от сенситометрической и должна быть определена пробной съемкой в реальных условиях освещения с применением 8-польной экспонетрической серой шкалы, имеющей интервал светлот 2,1 (1 : 128) для заданных условий обработки.

Формула светочувствительности $S = K/H_{кр}$ содержит коэффициент пропорциональности K , устанавливающий на стандартном бланке шкалу величин S соответственно определенному типу фотоматериала, и величину $H_{кр}$ — экспозицию, соответствующую критерию (кр) — заданной плотности над вуалью. Фотоматериал имеет следующие формулы светочувствительности:

негативные черно-белые фотопленки — $S = 0,8/H_{D_0+0,1}$, кинопленки — $S = 0,5/H_{D_0+0,1}$, фотопластинки $S = 2/H_{D_0+0,1}$;

обращаемые черно-белые фотокинопленки — $S = 5/H_{D_{мин}+0,9}$;

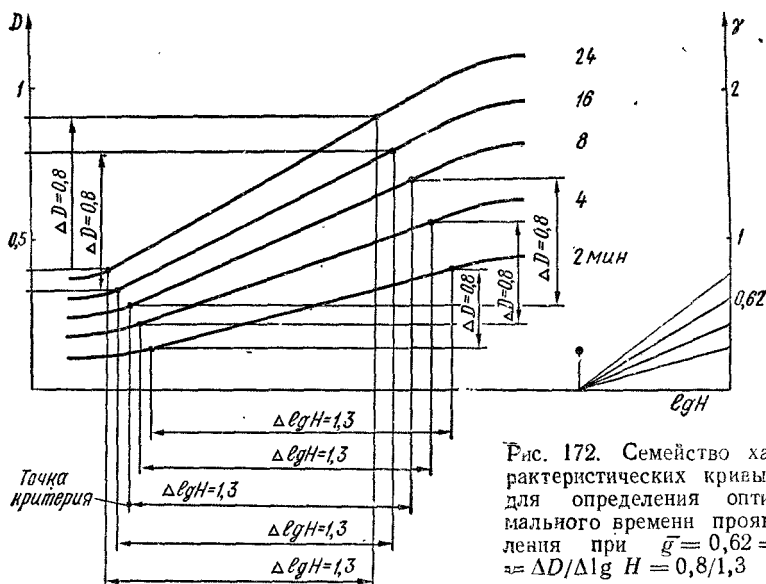


Рис. 172. Семейство характеристических кривых для определения оптимального времени проявления при $\bar{g} = 0,62 = \Delta D / \Delta \lg H = 0,8 / 1,3$

позитивные (диапозитивные) черно-белые пластинки — $S = 10/H_{D_0+0,9}$;

кинопленки черно-белые позитивные и контратипные — $S = 10/H_{D_0+0,9}$;

негативные цветные фотопленки — $S = 1,4/H_{D_0+0,15}$;

обращаемые цветные фотокинопленки — $S = 10/H_{D_{мин}+0,9}$;

негативные цветные кинопленки — $S = 1,6/H_{D_0+0,2}$;

позитивные цветные кинопленки, обращаемые кинопленки для телевидения (для съемки и контратипирования) — $S = 10/H_{D_0+0,9}$;

фототехнические цветные негативные и спектральнозные — $S = 20/H_{D_0+0,35}$.

Сенситометрическое число светочувствительности негативных материалов определяется при значении среднего градиента $\bar{g} = 0,62$. Из семейства характеристических кривых, полученных при разном времени проявления (рис. 172), находится кривая с разностью плотностей $\Delta D = 0,8$ для интервала экспозиций $\Delta \lg H = 1,3$. Точка критерия, равная $D_0 + 0,1$, определяет экспозицию, при которой находится све-

точувствительность для данного времени проявления. Это определение относится к черно-белым фотослоям. Цветные материалы имеют три зонально чувствительных слоя, для которых строятся три характеристические кривые. В зависимости от вида цветного фотослоя кривые строятся по копируемым или визуально-эквивалентным серым плотностям (КП или ВЭСП). Числа светочувствительности находятся по соответствующим критериям и формулам.

Числа светочувствительности разных систем. Светочувствительность в ед. ГОСТ обозначается из нормированного ряда величин, возрастающих в геометрической прогрессии со знаменателем $\sqrt{2}$: 0,25—0,5—0,7—1—1,4—2—2,8—4—5,5—8—11—16—22—32—45—65—90—130—180—250—350—500—750—1000 и т. д. Каждое число отличается от предыдущего или последующего в $\sqrt{2} = 1,41$ раза.

Светочувствительность ASA имеет нормированный ряд величин, возрастающих в геометрической прогрессии со знаменателем $\sqrt[3]{2}$: 1—1,2—1,3—1,6—2—2,3—2,5—3—4—5—6—7—8—9—10—12—16—20—25—32—40—50—65—80—100—130—160—200—320—500 и т. д. Каждое число отличается от предыдущего и последующего в 1,26 раза.

Система светочувствительности DIN использует логарифмическую шкалу, $S = 10 \lg I / H_{D_0} + 0,1$, с нормированным рядом логарифмических величин: 1—2—3—4—5—6—7—8—9—10—11—12—13—14—15—16—17—18—19—20—21—22—23—24—25—26—27—28—29—30 и т. д. Каждое рядом стоящее значение соответствует изменению светочувствительности в 1,26 раза.

Вследствие различия в методах сенситометрического испытания, связанного с величинами K , $H_{кр}$, γ и другими причинами, величины светочувствительности разных систем различны и могут быть лишь приближенно сопоставлены в следующем соотношении:

ед. ГОСТ	ASA	DIN	ед. ГОСТ	ASA	DIN
1	1,2	2	45	50—64	18—19
1,4	1,6—2	3—4	65	80	20
2	2,5	5	90	100—120	21—22
2,8	3,2—4	6—7	130	160	23
4	5	8	180	200—250	24—25
5,5	6—8	9—10	250	320	26
8	10	11	350	400—500	27—28
11	12—16	12—13	500	650	29
16	20	14	700	800—1000	30—31
22	25—32	15—16	1000	1200	32
32	40	17			

223. Коэффициент контрастности γ (гамма) — количественная характеристика передачи различия величин экспозиций степенью почернений фотослоя. Численно выражается тангенсом угла наклона прямолинейного участка характеристической кривой к оси абсцисс и определяется отношением $\gamma = \Delta D / \Delta \lg H$ (рис. 173). Гамма выражает контрастность фотослоя и является средством передачи относительных яркостей объекта съемки в относительные величины плотностей изображения. Величина гаммы определяется степенью обработки фотослоя. Для всех типов слоев установлены так называемые рекомендованные коэффициенты контрастности $\gamma_{рек}$, соответствующие усредненным значениям гаммы при оптимальных величинах остальных показателей. Рекомендуемая гамма относится к обработке фотослоя по ГОСТу на

сенситометрические испытания и соответствует рекомендуемому времени проявления в соответствующем стандартном проявителе.

Гамма как свойство фотослоя является оптическим средством формирования изображения объекта. На различных стадиях фотографического процесса гамма зависит от многих условий и характеризуется четырьмя видами:

гамма фотослоя — коэффициент контрастности, рекомендуемый заводом-изготовителем для заданных сенситометрических условий испытаний, т. е. для экспонирования за сенситометрическим клином и времени проявления в заданном стандартном сенситометрическом проявителе. Эта гамма указана в паспорте на фотоматериал и приводится в справочниках для стандартных условий обработки;

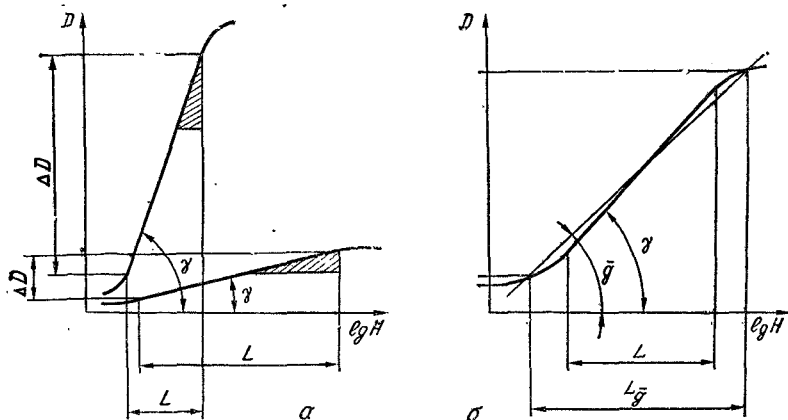


Рис. 173. К определению параметров:

а — контрастности фотослоя γ и фотографической ширины L ; **б** — среднего полезного градиента $\bar{g}$ и полезной фотографической ширины $L_{\bar{g}}$

гамма проявления — коэффициент контрастности фотослоя, полученный при обработке в выбранном, в том числе и стандартном, проявителе в течение времени, обусловленном интервалом яркости объекта, условиями экспонирования и замыслом фотоснимка;

гамма оптическая — контрастность изображения на негативном материале в съемочной камере с учетом яркостных свойств объекта и светорассеяния за объективом;

гамма негатива — практическая контрастность негативного изображения, полученная в результате обработки в реальных условиях экспонирования фотослоя с учетом яркостных свойств объекта, светорассеяния в съемочной камере, величины экспозиции и условий обработки (в том числе с учетом гаммы фотослоя и гаммы проявления).

224. Средний полезный градиент $\bar{g}$ — тангенс угла наклона линии, проходящей через две крайние точки характеристической кривой (точки 2—5 на рис. 168), плотности которых принята полезной для образования изображения. Нижняя точка соответствует минимальной плотности $D = D_0 + 0,1$. Верхняя — $D_{\text{макс}}$. Средний полезный градиент $\bar{g}$ характеризует полное использование характеристической кривой и количественно выражается отношением

$$\bar{g} = \Delta D_{\text{макс}} / \Delta \lg H \text{ или } \bar{g} = (D_{\text{макс}} - D_{\text{мин}}) / (\lg H_{\text{макс}} - \lg H_{\text{мин}}).$$

Значению $\bar{g} = 0,62$ соответствует рекомендуемая степень проявленности, определяющая светочувствительность фотослоя ($\bar{g} = 0,62$ в большинстве случаев соответствует $\gamma = 0,65$).

225. Фотографическая широта L — интервал экспозиций между конечной и начальной точками прямолинейного участка характеристической кривой (точки 3—4, рис. 168). Численно выражается разностью логарифмов экспозиций, соответствующих этим точкам: $L = \lg H_2 - \lg H_1$, иногда L выражается отношением количеств освещения: H_2/H_1 .

226. Полезная фотографическая широта $L_{\bar{g}}$ выражает полный интервал экспозиций, ограниченный порогом почернения и максимальной оптической плотностью фотослоя (точки 2—5 на характеристической кривой, рис. 168). Численно выражается разностью логарифмов экспозиций, соответствующих этим точкам.

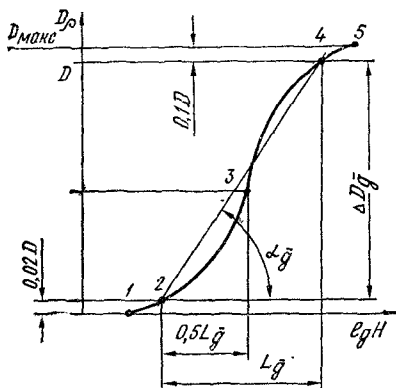


Рис. 174. Типовая характеристическая кривая фотобумаги

с балансом $B_k = 0$. Нарушение баланса по контрастности не поддается исправлению.

229. Основные показатели фотографических бумаг: максимальная плотность, контрастность и фотографическая широта. Относительно фотопленок и пластинок бумаги отличаются практическим отсутствием вуали (точка 1 на рис. 174), пониженной полезной фотографической широтой (226) и пониженной максимальной плотностью почернения, не превышающей $D = 1,85$ (для отечественных фотобумаг). Изготовление бумаг с большой плотностью почернения невозможно из-за поверхности отраженной составляющей значительной величины, являющейся дополнительной примесью к основному свету отражения. Предельная плотность лучших черно-белых бумаг не превышает $D = 1,9$. Прямолинейный участок характеристической кривой фотобумаг мал или совсем отсутствует. Строгая прямолинейность характеристической кривой для изображения на фотобумаге не имеет большого значения и ее контрастность оценивается средним полезным градиентом $\bar{g}$. При рассматривании изображения на фотоотпечатке глаз не ощущает различия малых плотностей: в светах — не менее $0,02D$ (точки 1—2), в тенях — не менее $0,1D$ (точки 4—5), поэтому полезный интервал плотностей, формирующий изображение $\Delta D_{\bar{g}} = D_{\max} - 0,02$ или с упрощением $\Delta D_{\bar{g}} = D_{\max} - 0,1$. Отсюда $\bar{g} = \Delta D_{\bar{g}} / L_{\bar{g}}$ — тангенс угла

227. Баланс по чувствительности цветных материалов B_c показывает отношение наибольшей чувствительности к наименьшей из трех частичных цветоделенных слоев: $B_c = S_{\max} / S_{\min}$. Приближение баланса к единице уменьшает разницу в чувствительности. Нарушение баланса можно исправить цветокорректирующими светофильтрами на разных стадиях цветофотографического процесса.

228. Баланс по контрастности цветных материалов B_k показывает разность наибольшего и наименьшего частичных коэффициентов контрастности: $B_k = \gamma_{\max} - \gamma_{\min}$ или $B_k = \bar{g}_{\max} - \bar{g}_{\min}$.

Наилучшим считается материал

наклона линии 2—4. На практике средний полезный градиент фотобумаг $\bar{g} = D_{\text{макс}}/L_g$.

Фотобумаги достигают максимального контраста за относительно короткое время проявления. Изменение контрастности изображения достигается удлинением проявления, в процессе которого возрастает средняя плотность изображения, и подбором типа фотобумаги по контрастности — мягкой, нормальной или контрастной. При оценке светочувствительности фотобумаг общего применения в качестве критерия берется плотность фотослоя, соответствующая средней точке полезной фотографической широты. За единицу светочувствительности принята S такой бумаги, у которой середина участка характеристической кривой (точка β) относится к экспозиции 100 лк · с: $S = 100/H_{0,5} L_g$. Коэффициент $K = 100$ в числителе вводится для удобства получения целых чисел светочувствительности, а единица S для некоторых типов технических фотобумаг называется *единицей ГОИ* (ед. ГОИ).

230. Гиперсенсibilизация и латенсификация фотослоя — способы повышения светочувствительности негативного и обрабатываемого фотоматериала до съемки (гиперсенсibilизация) или после съемки до обработки (латенсификация). Достигается это обработкой фотослоя дистиллированной водой или щелочными растворами, воздействием паров ртути, засветкой слабым дозированным светом.

Эффективность способов определяется их режимом и пробными съемками. Обработка в щелочных растворах или в воде применяется редко, поскольку практически трудно сохранить фотоматериал без повреждений. Кроме того, фотослой, обработанный этими растворами, через несколько дней сильно вуалируется и становится непригодным к применению. Обработка ртутью практикуется редко из-за токсичности и нестабильности результатов. Указанные способы можно применять при условии немедленного применения фотоматериала для съемки. Более приемлема засветка фотослоя. При этом с повышением чувствительности повышается контраст.

У цветных материалов засветкой можно изменять баланс цветочувствительных слоев, для чего экспонирующий свет экранируется фильтром — желтым, пурпурным или голубым, повышающим цветочувствительность отстающего частичного слоя. Фильтры также снижают насыщенность цвета, делая изображение малоконтрастным, как бы пастельным. При всех методах повышение светочувствительности происходит в основном на начальном участке характеристической кривой, соответствующем темным местам изображения. Методы дают тем больший эффект, чем ниже первоначальная светочувствительность фотоматериала и короче время проявления.

Обработка в щелочном растворе. При гиперсенсibilизации неэкспонированный фотослой обрабатывается в 4 %-ном растворе аммиака удельного веса 0,88 или в 0,5 %-ном водном растворе триэтилоламина в течение 2 мин при температуре 13 °С, после чего капли влаги удаляются слегка важной вискозной губкой. Низкая температура необходима для уменьшения набухания эмульсии и ускорения сушки. После обработки фотослой следует быстро высушить при нормальной температуре. Критерием повышения светочувствительности является двойное увеличение вуали. Эффект этого метода относительно быстро уменьшается и пропадает примерно через месяц. Практически гиперсенсibilизированная пленка должна храниться до съемки не более 3—5 дней при возможно пониженной температуре.

При латенсификации экспонированный фотослой после съемки обрабатывается в растворе метабисульфита калия (5 г) и сульфита натрия безводного (8,5 г) на 1 л воды в течение 5 мин при нормальной

температуре. После удаления капель фотослой быстро сушится при температуре 20—22° С. Высушенный фотослой проявляется в обычном режиме. Латенсификация этим методом повышает светочувствительность вдвое с увеличением зерна и вуали.

Обработка парами ртути производится в герметическом сосуде (экзикаторе), в который помещается фотоматериал, завернутый в светонепроницаемую бумагу, и капля ртути величиной с зерно или горошину в зависимости от объема материала. Рулонные пленки пережатываются на пластмассовую бобину свободно без натяжения с целью гронакнiveness паров ртути между витками. Обработка парами ртути ведется при нормальной температуре в течение 1—3 дней, при температуре 30—40 °С — в течение 3—4 ч. Гиперсенсibilизированный ртутно материал должен храниться при температуре 4—10 °С с использованием в течение 3—5 дней.

Засветка фотослоя проводится очень слабым светом равномерно по всей площади фотослоя в течение 10—30 мин. Критерием засветки служит минимальная плотность изображения, превышающая вуаль на 0,2—0,3D. Результат засветки зависит от спектрального состава света. Оранжево-красные лучи более эффективны относительно голубовато-синих, поэтому предпочтительно применение света с $T_{\text{цф}} = 2850$ К. Слабая засветка влияет в основном на малые плотности изображения (в тенях), наращивая на них дополнительную плотность. При этом характеристическая кривая становится более пологой с понижением общего контраста изображения. На большие плотности засветка малым светом не влияет. Эффект засветки при медленном проявлении меньше, чем при быстром и больше при коротких выдержках при съемке. Предельное увеличение светочувствительности засветкой наблюдается при выдержках порядка тысячных долей секунды и не наблюдается при 1/15 с и более.

СТАНДАРТЫ ОБРАБОТКИ

231. Условия обработки отечественных фотокиноматериалов общего применения приведены в Государственных Стандартах на общесенситометрические испытания при освещении их через 20- или 30-польный серый измерительный клин (без влияния съемочной камеры и объектива):

ГОСТ 2817—59. Фотографические материалы на прозрачной подложке. Метод общесенситометрического испытания (в части фонограммных пленок заменен ГОСТ 10691.3—84).

ГОСТ 2988—81 (СТ СЭВ). Материалы фотографические галогенидосеребряные. Общие условия химико-фотографической обработки.

ГОСТ 2818—83. Материалы фотографические. Метод спектросенситометрического испытания.

ГОСТ 9160—82. Материалы фотографические на прозрачной подложке. Метод общесенситометрического испытания многослойных цветофотографических материалов.

ГОСТ 10691.0 — 84, ГОСТ 10691.1 — 84, ГОСТ 10691.2 — 84, ГОСТ 10691.3—84, ГОСТ 10691.4—84. Материалы фотографические черно-белые на прозрачной подложке. Метод общесенситометрического испытания.

ГОСТ 10752—79. Бумага фотографическая «Унибром». Технические условия.

ГОСТ 20945—80. Кинопленки черно-белые обрабатываемые. Технические условия.

Для фотослоев узкого и специального назначения технология обработки приводится в соответствующих инструкциях, руководящих

материалах (РТМ) и других документах. Несоблюдение указанных режимов и условий обработки приводит к отклонениям S , γ , L и других сенситометрических величин. Как правило, для негативных пленок указывается (на упаковке или в паспорте) время сенситометрического проявления, приближенное к практическому времени экспонирования и соответствующее получению рекомендуемого коэффициента контрастности (гаммы). Сенситометрические характеристики для фотоматериалов содержат предельные параметры: $\gamma_{\text{макс}}$ — предельная контрастность и $D_{0\text{макс}}$ — наибольшая плотность вуали, которые получают при удлинненном времени проявления в заданном стандартном проявителе. Однако при этом изменяется фотографическая широта и светочувствительность. Плотность вуали и светочувствительность определяются из *графика кинетики проявления* (232).

Стандартной считается обработка, если соблюдаются технологические требования, предусмотренные ГОСТами, инструкциями и РТМ, основными из которых являются: строгое постоянство состава проявителя;

обработка в неистощенном растворе; поддержание постоянства температуры проявления на уровне 20°C (желательно с точностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$, обеспечивающей отклонение результата обработки до 10 %);

необходимая интенсивность турбулентности раствора возле эмульсионного слоя материала для разрушения пограничного слоя;

необходимый объем растворов, в особенности проявляющего (условие — толщина раствора над уровнем эмульсии не менее 10 мм);

точное время проявления до полного погружения в стоп-ванну.

232. **График кинетики проявления** (рис. 175) показывает зависимость гаммы γ , светочувствительности S и плотности вуали D_0 от продолжительности проявления фотослоя $t_{\text{пр}}$. Кривые графика построены по характеристическим кривым сенситограмм, проявленным при разном времени. График содержит значения всех параметров для различного времени проявления (вертикальная штриховая линия) или по одному какому-либо заданному параметру — времени проявления и остальные параметры. Для цветных фотослоев приводятся частичные кривые вместо одной. График служит в основном для нахождения оптимального времени проявления при заданном значении гаммы.

233. **Фотохимикаты для обрабатывающих растворов.**

Бисульфит натрия технический (водный раствор), ГОСТ 902—76.

Бензолсульфиновокислый натрий — соль натриевая бензолсульфиновой кислоты 2-водная техническая, ГОСТ 23614—79; бензолсульфокислоты натриевая соль 1-водная, ТУ 6-09-3160—78, номенклатурный номер 020202.

Бромистый калий, ГОСТ 4160—74.

Бура — натрий тетраборнокислый 10-водный, ГОСТ 4199—76 (СТ СЭВ 1751—79).

Гексаметафосфат натрия (Соль Грема), МРТУ 6-09-745—63, номенклатурный номер 170537.

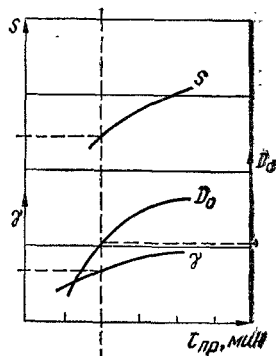


Рис. 175. Принципиальная схема графика кинетики проявления

Гидроксилламин серноокислый, ГОСТ 7298—79.
 Гидрохинон (парадиоксибензол), ГОСТ 19627—74.
 Двухромовокислый калий, ГОСТ 4220—75.
 Едкий натр — натрий гидроокись, ГОСТ 4328—77.
 Железная соль Трилона Б — этилендиаминтетрауксусной кислоты
 железо (III), мононатриевая соль 2-водная, ТУ 6-09-2391 — 77,
 номенклатурный номер 260071.
 Железосинеродистый калий, ГОСТ 4206—77.
 Йодистый калий, ГОСТ 4232—74.
 Квасцы алюмокалиевые, ГОСТ 4329—77.
 Кислота борная, ГОСТ 9656—75.
 Кислота серная, ГОСТ 4204—77.
 КФ-2698 — полигексаэтиленгликолевый эфир этисерной кислоты.
 Лимоннокислый натрий трехзамещенный, ГОСТ 22280—77.
 Метабисульфит калия — калий сернистоокислый пиро, ГОСТ
 5713—75.
 Метабисульфит натрия — натрий сернистоокислый пиро, ГОСТ
 10575—76.
 Метилфенидон — 1-фенил-4-метилпиразолидон-3, ТУ 6-09-2414—65,
 номенклатурный номер 200088.
 Метол (4-метиламинофенол сульфат), ГОСТ 25664—83.
 Нашатырный спирт — аммиак водный, ГОСТ 3760—79.
 Отбеливатель 1 — оптический отбеливатель ООВ-2132,
 ТУ 6-14-562—76, или Тинопал 2Б (ЧССР), или С203 (ОРВО).
 Отбеливатель 2 — оптический отбеливатель Тинопал 4ВМ.
 Параформ, ТУ 6-09-3208—78, номенклатурный номер 150015.
 Пирокатехин, ТУ 6-09-4025—75 (чистый), номенклатурный номер
 150085 или ТУ 6-09-534—76 (ЧДА).
 Поташ — калий углекислый, ГОСТ 4221—76.
 Роданистый аммоний, СТ СЭВ 222—75.
 Роданистый калий, ГОСТ 4139—75.
 Серноокислый алюминий, ГОСТ 3758—75.
 Серноокислый аммоний, ГОСТ 3769—78.
 Серноокислый натрий безводный, ГОСТ 4166—76.
 Синтрон Б — тетранатриевая соль этилендиамино тетрауксусной
 кислоты, ТУ 11П-144—70.
 Сода кальцинированная фотографическая, ТУ 6-18-213—76 (см.
 углекислый натрий).
 Сульфит натрия безводный, ГОСТ 5644—77, или натрий серни-
 стоокислый, ГОСТ 195—77.
 Тиомочевина, ГОСТ 6344—73.
 Тиосульфат натрия кристаллический, ГОСТ 244—76 (СТ СЭВ
 223—75) (другое название — натрий серноватистоокислый кристалли-
 ческий).
 Трилон Б — соль динатриевая этилендиамино тетрауксусной
 кислоты 2-водная, ГОСТ 10652—73.
 Углекислый натрий безводный, ГОСТ 83—79.
 Уксусная кислота ледяная, ГОСТ 61—75.
 Уксуснокислый натрий 3-водный, ГОСТ 199—78.
 Формальдегид бисульфит натрия 1-водный, ТУ 6-09-3011—73,
 номенклатурный номер 260063.
 Формалин технический, ГОСТ 1625—75 (СТ СЭВ 2337—80).
 Фосфорно-кислый калий 1-замещенный, ГОСТ 4198—75.
 Фосфорно-кислый натрий 2-замещенный, ГОСТ 4172—76 или
 ГОСТ 11773—76.
 Хелатон-2 — этилендиаминотетрауксусная кислота, ТУ 6-09-
 1956—77, номенклатурный номер 260260.

Хлорное железо (железо треххлористое) 6-водное, ГОСТ 4147—74.
ЦПВ-1 — пара-аминодиэтиланилисульфат, ГОСТ 5.1301—72.
ЦПВ-2 — пара-аминоэтилоксэтиланилисульфат, ГОСТ 5.1301—

72.

Циклогексиламин углекислый, ТУ 6-09-16-918—74, номенклатурный номер 220080.

Пара-фенилендиамин, основание, ТУ 6-09-995—76, номенклатурный номер 200070.

ОБРАБОТКА ЧЕРНО-БЕЛЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ФОТОСЛОЕВ

234. Режим обработки черно-белых материалов включает пять операций:

проявление по времени, указанному на упаковке, рецепте или в паспорте на материал в стандартном (СТ) растворе;
 прекращение проявления в стоп-растворе в течение 10—15 с;
 фиксирование по времени, указанному в рецепте раствора;
 промывка не менее 15 мин в проточной воде при 20 °С;
 сушка в чистом воздухе при 20 °С и влажности около 60 %.

Обработка проводится по рецептам для каждого вида фотоматериала. Наименования фотохимикатов (233) в рецептах приведены кратко.

235. Стандартные проявители для черно-белых фотоматериалов общего применения:

СТ-1 — для фотопластинок, фотобумаг и фототехнических пленок;

СТ-2 — для негативных черно-белых фотопленок;

СТ-3 — для негативных фотокинопленок;

СТ-4 — для позитивных кинопленок МЗ-3 или МЗ-3М;

СТ-5 — для негативных кинопленок и кинопленок дубль-негативных и дубль-позитивных;

СТ-6 — для позитивных и фонограммных кинопленок.

	СТ-1	СТ-2	СТ-3	СТ-4	СТ-5	СТ-6
Метол, г	1	8	1,5	0,6	1,6	—
Метилфенидон, г	—	—	—	—	—	0,1
Сульфит, г	26	126	100	25	100	16
Гидрохинсон, г	5	—	1	2	2	2,2
Углекислый натрий, г	20	5,75	—	15	—	22
Бура, г	—	—	1,5	—	2	—
Кислота борная, г	—	—	2	—	—	—
Бромистый калий, г	1	2,5	0,15	1,5	0,4	4
Вода, л	1	1	1	1	1	1
pH раствора	10,4	9,1	8,6	10,4	8,6	—

236. Проявители для специальных материалов

Проявитель для фотопленок „Микрат“

Метол, г	5	Углекислый натрий, г	31
Сульфит, г	40	Бромистый калий, г	4
Гидрохинсон, г	6	Вода, л	1

Время проявления 3—8 мин.

Проявители для фототехнических пленок

Проявители малоконтрастные и контрастные

	Ф-1	ФТ-2	Д-11
Трилон Б, г	2	2	2
Метол, г	—	5	11
Сульфит, г	40	40	40
Гидрохинон, г	6	6	9
Метилфенидон, г	0,2	2	2
Поташ, г	40	40	—
Углекислый натрий, г	—	—	25
Бромистый калий, г	6	6	5
Вода, л	1	1	1

Проявитель ИП-3М для машинной обработки

Раствор первый	Раствор второй
Сульфит, г 7	Сульфит, г 30,5
Параформ, г 7,5	Кислота борная, г 7,5—12
Углекислый натрий, г 50	Гидрохинон, г 22,5
КФ-2698, г 0,1	Бромистый калий, г 2,5
Вода *, л 0,4	Вода *, л 0,4

* Вода дистиллированная. Фотохимикаты растворяются при температуре 30—35°С. При составлении проявителя первый раствор вливают во второй, доливают водой до объема 1 л и применяют через час после сливания.

Проявитель ИП-6 для кюветной обработки

Раствор первый	Раствор второй
Углекислый натрий, г 60	Сульфит, г 10
Едкий натр, г 5	Формальдегид, г 15
Бура, г 5	Гидрохинон, г 22,5
Линмоникислый натрий, г . . 10	Вода *, л 0,4
Бромистый калий, г 2,5	
КФ-2698, г 5	
Вода *, л 0,4	

* Вода дистиллированная. Фотохимикаты растворяются при температуре воды 30—35°С. Первый и второй растворы выстаиваются 12 ч. За один час до проявления растворы сливают (первый со вторым), вводят 10%-ный раствор КФ-2698, требуемое количество которого устанавливают по пробам, и доливают водой до объема 1 л. Растворы в отдельности могут храниться в посуде из темного стекла до семи суток.

Проявитель КЦ-1 для рентгеновских пленок

Метол, г 2	Углекислый натрий, г 40
Сульфит, г 52	Бромистый калий, г 4
Гидрохинон, г 10	Вода, л До 1

237. Обработка обрабатываемых фотокиноплёнок ОЧ и ОЧ-Т в обычном режиме

Порядок операций	Время проявления, мин		Температура раствора, °C
	ОЧ-Т-45, ОЧ-Т-180	ОЧ-45, ОЧ-180	
Первое проявление	2—6	6—12	20 ± 0,5
Промывка	4	10	15 ± 5
Отбеливание	4	7	19 ± 1
Промывка	4	5	15 ± 5
Осветление	4	7	19 ± 1
Общая засветка *	1—10	1—10	20
Второе проявление **	3	6	20 ± 0,5
Промывка	2	1	15 ± 5
Фиксирование	2	5	19 ± 1
Промывка	20	20	15 ± 5
Сушка			25 ± 5

* Лампой 75—100 Вт на расстоянии 0,25—0,5 м от пленки, находящейся в воде, и на расстоянии 1 м, находящейся в воздухе.

** Обработка допускается на свету.

Состав растворов

Первый проявляющий раствор	ОЧ-Т-45, ОЧ-Т-180	ОЧ-45, ОЧ-180
Метол, г	2	2
Сульфит, г	75	25
Гидрохинон, г	15	14
Углекислый натрий, г	31	—
Поташ, г	—	40
Едкий натр, г	8	2
Роданистый калий, г	6	2,5
Сернистый натрий, г	15	10
Бромистый калий, г	1,8	2
Вода, л	До 1	До 1

Отбеливающий раствор

Двуххромовокислый калий, г	9,5	5
Кислота серная (плотность 1,84), мл	10	5

Осветляющий раствор

Сульфит, г	90	50
----------------------	----	----

Второй проявляющий раствор

Метол, г		5
Сульфит, г		40
Гидрохинон, г		6
Углекислый натрий, г	31	—
Поташ, г	—	40
Бромистый калий, г	2	
Вода, л	До 1	

Фиксирующий раствор

Тиосульфат, г	250	200
Метабисульфит калия, г	—	40

238. Фиксирующие растворы. Для обработки фотоматериалов применяются кислые фиксирующие растворы (фиксажи). Их кислотность обеспечивается несколькими веществами, в том числе и кислотами. Тиосульфат натрия под действием кислот разлагается с выделением серы (сульфуризация). Поскольку кислотность кислых фиксажей значительна, то для устранения выпадения серы приготовленные фиксирующих растворов ведется в строго определенном порядке. Концентрированная кислота непосредственно не применяется, а разбавляется водой. При разбавлении кислоту вливают в воду (а не наоборот) небольшими порциями, помешивая. Ориентировочная концентрация 1 : 20. Полученный раствор кислоты небольшими порциями при помешивании приливают к раствору сульфита натрия. Раствор сульфита с кислотой выстаивается в течение 10—15 мин, после чего его вливают в раствор тиосульфата натрия (при нормальной температуре) небольшими порциями при помешивании.

Фиксирующие растворы

	Для фото-кин-пленок	Для и пленок ФТ	Для фотобумаг		
Сульфит, г	—	20	—	25	25
Кислота серная (плотность 1,84), мл	—	2	—	5	—
Уксусная кислота (28%-ная), мл	—	—	—	—	50
Тиосульфат, г	200	250	250	250	250
Метабисульфит калия, г	30	—	25	—	—
Вода, л	До 1	До 1	До 1	До 1	До 1

ОБРАБОТКА ЦВЕТНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ФОТОСЛОЕВ

В состав обрабатывающих растворов для цветных негативных и позитивных фотокиноматериалов входят цветные проявители, приготовление которых требует особого внимания и тщательности. Неправильная технология составления ведет к потере свойств растворов и цветопередачи на снимке. Цветной проявитель (из расчета 1 л объема) составляется из двух растворов — А и Б емкостью по 0,4 л. Раствор Б приливают к раствору А небольшими порциями при $t = 20 \dots 25^\circ\text{C}$ с интервалами приливания не менее 15 с при помешивании. Затем общий раствор доливают водой до заданного объема.

239. Обработка цветных негативных материалов типа ДС, ЛН, ЦНД, ЦНЛ (ГОСТ 5554—70)

Режим обработки

Порядок операций	Время обработки, мин	Температура раствора, $^\circ\text{C}$
Проявление	5—8	$20 \pm 0,3$
Допроявление	5	$20 \pm 0,3$
Фиксирование первое	4—7	18 ± 2
Промывка	12	12...18
Отбеливание	4	20 ± 1
Промывка	5	12...18
Фиксирование второе	4	18 ± 2
Промывка	15—20	12...18

Состав растворов

Проявитель

Допроявляющий раствор

Раствор А

Раствор Б

Трилон Б, г . . . 1	Трилон Б, г . . . 1	Метабисульфит
Гидроксиламин, г 1,2	Сульфит, г 2	натрия, г 2
ЦПВ-1, г 2,3	Поташ, г 60	Вода, л 0,4
Вода, л 0,4	Бромистый калий, г 2	
	Вода, л 0,4	

Фиксирующий раствор (первый и второй)

Отбеливающий раствор

Тиосульфат, г 200	Железосинеродистый калий, г 30
Сульфит, г 5	Бромистый калий, г 15
Метабисульфит натрия, г . . . 2	Фосфорнокислый калий, г . . . 17
Вода, л До 1	Вода, л До 1

240. Обработка цветных позитивных киноплёнок ЦП-8Р, ЦП-11

Режим обработки

Порядок операций Время обра- ботки, мин Температура раствора, °С Время обра- ботки, мин Температура раствора, °С

Пленка ЦП-8Р

Пленка ЦП-11

Размачивание	1	19 ± 0,3	1	19 ± 0,3
Проявление	8—10	20 ± 0,3	10—12	20 ± 0,3
Промывка	1	11 ± 3	0,5	15 ± 3
Фиксирование	6—8	19 ± 1	5—7	19 ± 1
Промывка	10—12	11 ± 3	10	15 ± 3
Отбеливание	4	19 ± 1	5	19 ± 1
Промывка	3	11 ± 3	3	15 ± 3
Фиксирование	4	19 ± 1	4	19 ± 1
Промывка	15	18 ± 3	15	15 ± 3

Состав растворов

Проявитель ЦП-8Р; ЦП-11

Раствор А

Раствор Б

Трилон Б, г 1	Трилон Б, г 1
Гидроксиламин, г 1,2	Сульфит, г 2
ЦПВ-1, г 2,8	Поташ, г 60
Вода, л До 0,4	Бромистый калий, г 2
	Вода, л До 1

Фиксирующий раствор

Отбеливающий раствор

ЦП-8Р ЦП-11

ЦП-8 ЦП-11

Сульфит, г 7,5	Железосинеродистый
Тиосульфат, г 200	калий, г 30
Уксусная	Бромистый калий, г 15 20
кислота, мл 3 —	Квасцы, г — 40
Вода, л До 1	Вода, л До 1

241. Обработка цветных обрабатываемых фотопленок общего применения типа ЦО

Режим обработки

Порядок операций	Время обработки, мин	Температура раствора, °C
Проявление черно-белое	8—14	25 ± 0,3
Промывка	2	12...18
Стоп-ванна	2—3	20 ± 1
Промывка	5	12...18
Засветка	2—3	12...25
Проявление цветное	10	25 ± 0,3
Промывка	20	12...18
Отбеливание	5	20 ± 1
Промывка	5	12...18
Фиксирование	5	20 ± 1
Промывка	15	12...18

Состав растворов

Проявитель черно-белый, pH = 10

Трилон Б, г	2	Поташ, г	20
Бура, г	15	Бромистый калий, г	2
Сульфит, г	40	Роданистый калий, г	2,5
Гидрохинон, г	4,5	Йодистый калий, г	0,01
Метилфенидон, г	0,25	Вода, л	До 1

Стоп-раствор

Уксуснокислый натрий, г . . .	15
Уксусная кислота, мл	25
Вода, л	До 1

Стоп-раствор дубящий

Квасцы, г	20
Вода, л	До 1

Проявитель цветной, pH = 10,9

Раствор А

Трилон Б, г	2
Гидроксиламин, г	1,2
ЦПВ-1, г	4
Вода, л	0,4

Раствор Б

Трилон Б, г	1
Сульфит, г	2
Поташ, г	75
Бромистый калий, г	2
Вода, л	0,4

Отбеливающий раствор

Железосниродистый калий, г	100
Бромистый калий, г	35
Фосфорнокислый калий, г . . .	5,8
Фосфорнокислый натрий, г . . .	4,3
Вода, л	До 1

Фиксирующий раствор

Тиосульфат, г	160
Аммоний сернокислый, г	80
Вода, л	До 1

242. Ускоренная обработка обрабатываемых телевизионных кинопленок ЦО-Т-90Л, ЦО-Т-90ЛМ (для съемки), ЦО-6 (для печати копий).

Обработка проводится в высокоактивном проявителе при повышенной температуре. При этом светочувствительность пленок повышается в два раза.

Режим ускоренной обработки

Порядок операций	Время обработки, мин	Температура раствора, °C
Проявление черно-белое: для ЦО-Т-90Л; ЦО-Т-90ЛМ	4,5—5,5	30 ± 0,3
для ЦО-6	6,5—7,5	30 ± 0,3
Ополаскивание	0,5	30 ± 1,5
Стоп-ванна	1	30 ± 0,5
Промывка	2	30 ± 1,5
Засветка	3	30 ± 1,5
Проявление цветное	4—4,5	30 ± 0,3
Промывка	8	30 ± 1,5
Отбеливание	3	30 ± 0,5
Промывка	2	30 ± 1,5
Фиксирование	2	30 ± 0,5
Промывка	3	30 ± 1,5
Общая длительность	30—33	

Состав растворов

Проявитель черно-белый, pH=10

Трилон Б, г 2	Бромистый калий, г 2
Буря, г 40	Роданистый » , г 4
Гидрохинон, г 8	Йодистый » , г 0,01
Метилфенидон, г 0,6	Вода, л До 1
Поташ, г 30	

Проявитель цветной, pH=10,9

Раствор А

Трилон Б, г 2
Гидроксиламин, г 1,2
ЦПВ-1, г 4
Вода, л 0,4

Раствор Б

Сульфит, г 2
Поташ, г 75
Бромистый калий, г 2
Вода, л 0,4

Остаивающий раствор, pH=4,3

Уксуснокислый натрий, г 15
Уксусная кислота, мл 25
Вода, л До 1

Отбеливающий раствор, pH=6,3

Железосинеродистый калий, г 100
Бромистый калий, г 35
Фосфорнокислый калий, г 5,8
* Фосфорнокислый натрий, г 4,3
Вода, л До 1

Фиксирующий раствор, pH=6,7

Тиосульфат, г 160
Сернокислый аммоний, г 80
Вода, л До 1

243. Обработка цветных фотобумаг Фотоцвет

Режим обработки

<i>Порядок операций</i>	<i>Время обработки, мин</i>	<i>Температура раствора, °C</i>
Проявление	5	20±0,5
Промывка	0,5	10...20
Стоп-ванна	3	18...20
Промывка	0,5	10...20
Отбеливание с фиксированием	7	18...20
Промывка	7	10...20
Стабилизация	3	18...20

Состав растворов

Проявитель, pH=10,8

Стоп-раствор, pH=6,6

Раствор А

Раствор Б

Трилон Б, г . . . 1	Трилон Б, г 1	Сульфит, г . . . 20
Гидроксид-мин, г 2	Сульфит, г 0,5	Метабисульфит калия, г 24
ЦПВ-2, г 4,5	Поташ, г 80	(или натрия), г (20)
Вода, л 0,4	Бромистый калий, г . . . 0,5	Вода, л До 1
	Вода, л 0,4	

Отбеливающе-фиксирующий раствор, pH=6

Стабилизирующий раствор

Трилон Б, г 25
Бура, г 30
Фосфорнокислый калий, г . . 15
Железная соль, г 60
Сульфит, г 2
Тиомочевина, г 3
Тиосульфат, г 280
Вода, л До 1

Трилон Б, г 2
Фосфорнокислый калий, г . . 4
Фосфорнокислый натрий, г . . 1,5
Отбеливатель 1, г 4
Вода, л До 1

244. Обработка цветных фотобумаг Радуга

Режим обработки

<i>Порядок операций</i>	<i>Время обработки, мин</i>	<i>Температура раствора, °C</i>
Проявление обычное	8	20±0,3
Проявление ускоренное	6	25±0,3
Стоп-ванна	2	18...27
Фиксирование	2—4	18...27
Промывка	2—5	15...30
Отбеливание с фиксированием	4—6	18...27
Промывка	2—5	15...30
Дубление	2—5	18...27
Стабилизация	1—2	18...27

Состав растворов

Раствор А		Раствор Б		Стоп-оператор
Трилон Б, г	1	Трилон Б, г	1	Уксуснокис-
Гидроксид-		Сульфит, г	4	лый натрий, г 7,7
мин, г	2,4	Углекислый натрий, г . . .	51	Уксусная
ЦПВ-2, г	2,5	Бромистый калий, г . . .	1	кислота, мл . 3,4
Вода, л	0,4	Вода, л	0,4	Квасцы, г . . . 7
				Вода, л . . . До 1

Фиксирующий раствор

Тиосульфат, г	175
Метабисульфит калия, г . . .	8,4
Уксуснокислый натрий, г . . .	21
Кислота борная, г	2,8
Квасцы, г	21
Вода, л	До 1

Отбеливающе-фиксирующий раствор

Трилон Б, г	25
Бура, г	12,7
Железная соль, г	30
Сульфит, г	5,2
Кислота борная, г	9,7
Тиосульфат, г	142
Вода, л	До 1

Дублящий раствор

Квасцы, г	28
Кислота борная, г	14
Уксуснокислый натрий, г . . .	18,2
Вода, л	До 1

Стабилизирующий раствор

Формалин, мл	10,5
Отбеливатель 1, г	2,1
Вода, л	До 1

245. Обработка цветных обрабатываемых фотобумаг

Режим обработки

Порядок операций	Время обработки, мин	Температура раствора, °C
Проявление первое	9	20±0,3
Промывка	0,5	14...18
Сульфитная ванна	5	20±0,3
Промывка	3	14...18
Засветка	2	14...18
Проявление второе	10—12	20±0,3
Промывка	1	14...18
Стоп-ванна	4	17...19
Промывка	2	14...18
Отбеливание	6—10	17...19
Промывка	4	14...18
Фиксирование	4	17...19
Промывка	15	14...18

Состав растворов

Проявитель черно-белый

Трилон Б, г	2	Углекислый натрий, г . . .	40
Бура, г	15	Бромистый калий, г	2
Сульфит, г	50	Роданистый » , г	2
Гидрохинон, г	4	Иодистый » , г	0,006
Метилфенидон, г	0,4	Вода, л	До 1

Сульфитная ванна

Трилон Б, г 2 Сульфит, г 15 Вода, л До 1

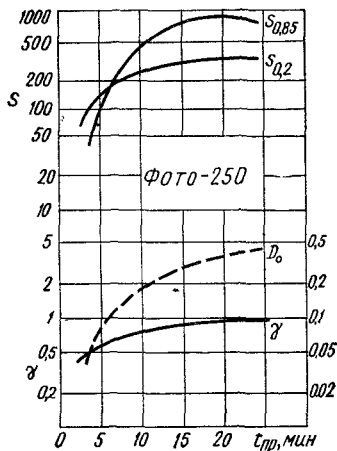
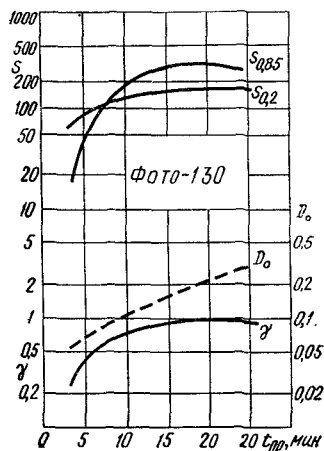
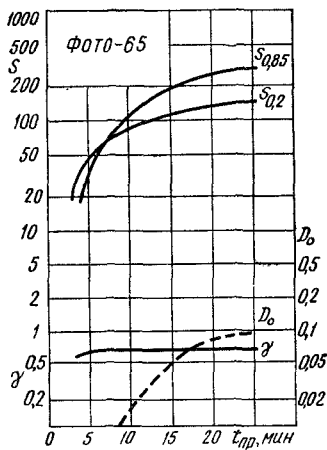
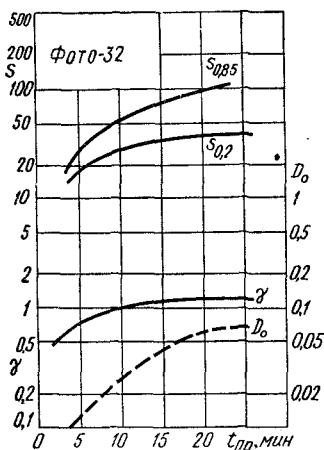
Проявитель цветной

Раствор А

Трилон Б, г 1
Гидроксиламин, г 2,4
ЦПВ-2, г 4,5
Вода, л 0,4

Раствор Б

Трилон Б, г 1
Сульфит, г 2
Поташ, г 85
Бромистый калий, г 0,5
Вода, л 0,4



Отбеливающий раствор

Железосинеродистый калий, г 50
 Бромистый калий, г 20
 Фосфорнокислый калий, г . . . 12
 Фосфорнокислый натрий, г . . . 8
 Вода, л До 1

Фиксирующий раствор

Тиосульфат, г 250
 Вода, л До 1

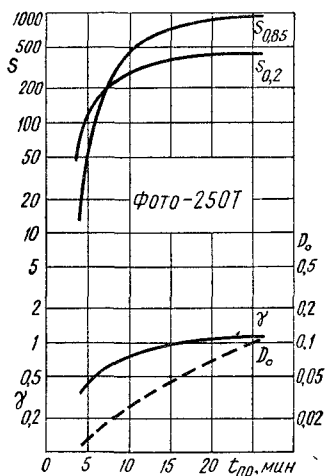
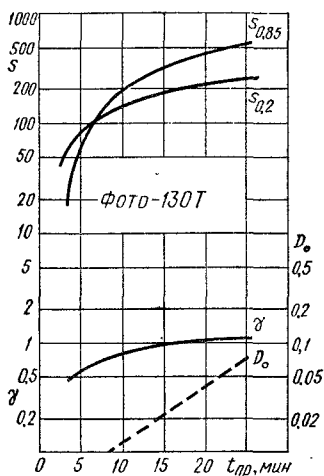
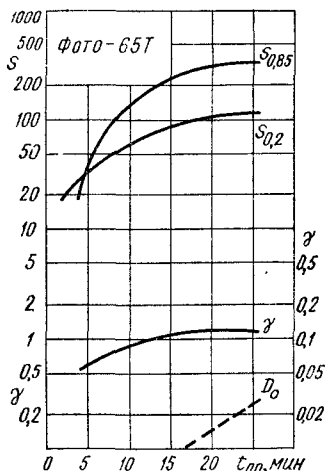
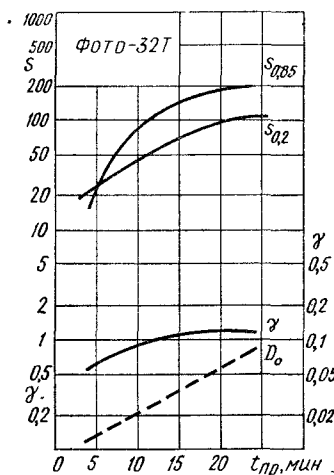


Рис. 176. Кривые кинетики проявления фотопленок типов «Фото» и «Фото-Т» с термостойкой эмульсией

ЧЕРНО-БЕЛЫЕ ПЛЕНКИ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

246. Общие сведения. Для общей фотографии применяются фото- пленки: негативные — типа «Фото», позитивные — МЗ-3Л и обра- щаемые — типа ОЧ.

Негативные фотопленки. «Фото-32» — мелкозернистая мало- чувствительная, «Фото-65» — средней, «Фото-130» — высокой и «Фото- 250» — высшей светочувствительности (рис. 176). Температура плавл- ения эмульсионного и других слоев не менее 32 °С. Фотопленки с бук- вой Т в обозначении — термостойкие, с температурой плавления фото- слоя не менее 70 °С. Фотопленки выпускаются:

катушечные перфорированные 35-мм, длина 1,65 м и 17 м, тол- щина подложки 110—150 мкм, на катушках, в кассетах и в рулонах;

катушечные неперфорированные 60-мм (Рольфилм): ширина 61,5 мм, длина 0,815 м, толщина подложки 90—110 мкм. Пленки намо- таны на катушку диаметром 12 мм со светозащитным ракордом, име- ющим координатные отметки для зарядки в различные фотокамеры и циф- ры для отсчета кадров: 8 — при формате 6 × 9 см, 12 — при формате 6 × 6 см, 16 — при формате 4,5 × 6 см.

Катушечные 16-мм перфорированные — длиной 0,65 м и непер- форированные — длиной 0,95 м. Толщина подложки 110—150 мкм.

Листовые форматные пленки размерами 6,5 × 9; 9 × 12, 10 × 15, 13 × 18, 18 × 24, 24 × 30 и 30 × 40 см.

Сохранность негативных черно-белых фотопленок «Фото-250» и «Фото-130» в стандартных условиях не менее одного года, остальных — не менее двух лет.

247. Сенситометрические характеристики фотопленок типа «Фото» для проявителя СТ-2

	«Фото-32», «Фото-32Т»	«Фото-65», «Фото-65Т»	«Фото-130», «Фото-130Т»	«Фото-250», «Фото-250Т»
$t_{пр}$, мин*	6—10	6—10	8—14	8—14
$\gamma_{рек}^{**}$	0,8	0,8***	0,8	0,8
S , ед. ГОСТ*4	32	65	130	250
S , ед. ГОСТ*5	28—55	55—110	110—220	220—500
$S_{эф}$, % от общей свето- чувствительности за фильтром:				
желтым Ж-2*	35	35	35	50
оранжевым О-2*	12	12	12	15
красным К-5,6*	3	3	3	3
D_g	0,04	0,05	0,06	0,08
$D_{0макс}$	0,1	0,16	0,25	0,3
L	1,5	1,5	1,5	1,5
R , лин/мм	135	110	100	82
$\Delta\lambda_S$, нм	645	665	580	630

* Время проявления указано на упаковке пленки.

** $\gamma_{макс} = 1...1,4$.

*** Коэффициент контрастности независимо от времени проявления имеет постоянную величину или изменяется незначительно.

** Номинальная светочувствительность.

*5 Пределы общей светочувствительности.

248. Позитивная фотопленка МЗ-3Л. Мелкозернистая, высокой разрешающей способности, с глубоким черным тоном изображения,

несенсибилизированная. Выпускается двух видов: листовая (форматная), см — 9×12 , 10×15 , 13×18 , 18×24 , 24×30 , 25×25 , 30×40 и катушечная — шириной 35 мм и длиной 1,65 мм. Толщина основы 135—150 мкм (рис. 177).

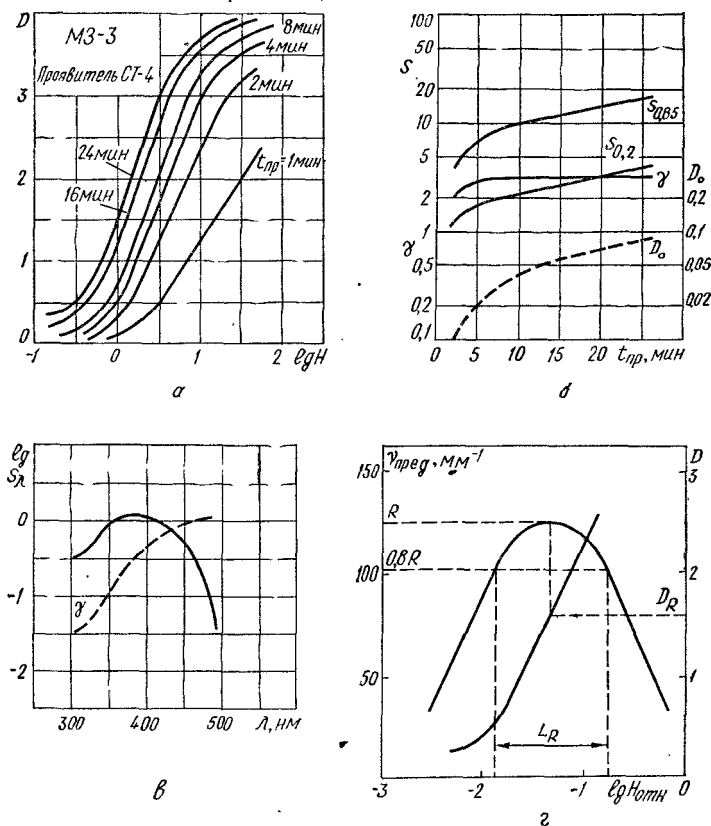


Рис. 177. Кривые фотопленки МЗ-3:

а — характеристические; б — график кинетики; в — спектральной чувствительности и монохроматического коэффициента контрастности; г — разрешающей способности и соответствующей ей характеристической кривой

Сенситометрические характеристики для проявителя СТ-2

$t_{пр}$, мин	4	R , лин мм	125
$\gamma_{рек}$	2,5	L_R	0,9
L	2,5	D_R	1,6
D_0 (без основы)	0,04	$\lambda_{макс}$, нм	480
S , ед. ГОСТ: для $D =$		$\gamma_{макс}$	3,1
$= 0,2 + D_0$	1,4	$D_{макс}$	3,7
для $D =$			
$= 0,85 + D_0$	8		
$S_{0,85}^{ж}$ ед. ГОСТ	0,015		

249. Обращаемые фотопленки ОЧ-45 и ОЧ-180 (ТУ 6-17-646—74). Выпускаются на катушках трех видов: перфорированные шириной 35 мм при длине 1,65 м, неперфорированные шириной 16 мм при длине 0,45 и 0,95 мм. Фотопленки Рольфильм 60-мм — шириной 61,5 мм при длине 0,815 м. Толщина основы 115—125 мкм (рис. 178).

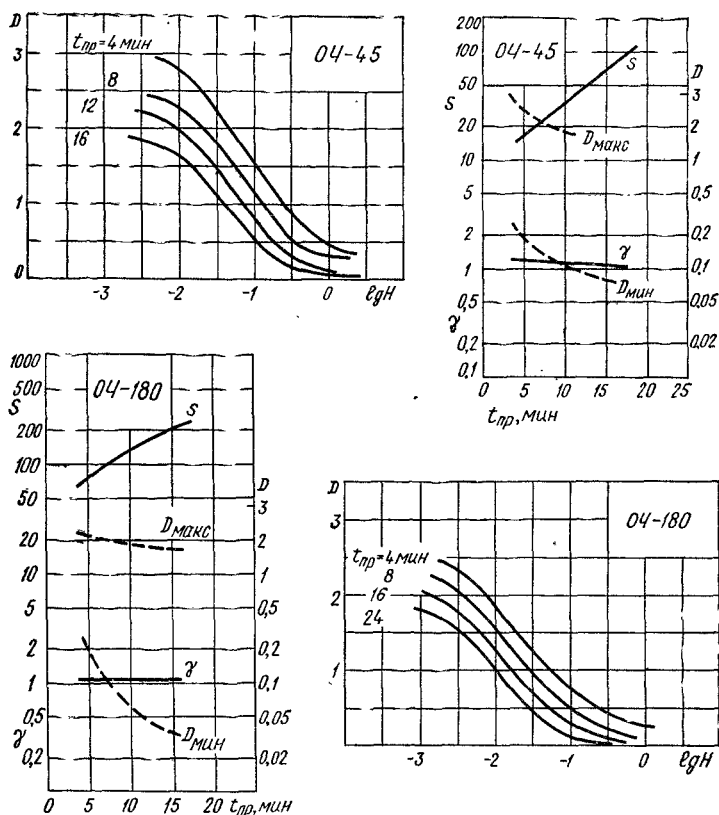


Рис. 178. Характеристические кривые и график кинетики для первого проявления фотопленок ОЧ-45 и ОЧ-180

Сенсиометрические характеристики

	ОЧ-45	ОЧ-180
$t_{пр}$ первого, мин	12	12
$\gamma_{рек}$	1,1—1,6	1,2—1,6
L	1,05	1,05
$D_{макс}$	1,9	1,8
$D_{мин}$	0,08	0,05
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	45	180
$S_{0,9}^{ж}$, ед. ГОСТ	16	65

$S_{0,9}^p$, ед. ГОСТ	11	32
$S_{0,9}^k$, ед. ГОСТ	0,7	2,8
R , лин/мм	85	78
L_R	0,8	1,2
D_R	0,5	0,7
$\Delta\lambda_S$, нм	660	660—680

250. Фотокомплект «Момент-4А» (ТУ 6-17-875—77) представляет собой специальный фотографический материал, состоящий из двух соединенных между собой полукомплектов — негативного и позитивного с обрабатывающей пастой между ними. При съемке и автоматической обработке в фотокамере «Фотон» позитивное изображение получается методом диффузионного переноса серебра из негативного полукомплекта в позитивный посредством слоя обрабатывающей пасты (рис. 179).

Фотокомплект обеспечивает получение восьми снимков с теплочерным или коричневым тоном изображения размером $8,5 \times 10,5$ см. Время обработки зависит от температуры: от 10 до 18°C — 3 мин, от 19 до 25°C — 2 мин, от 26 до 30°C — 1,5 мин. Полученный снимок обрабатывается тампоном со стабилизирующим раствором.

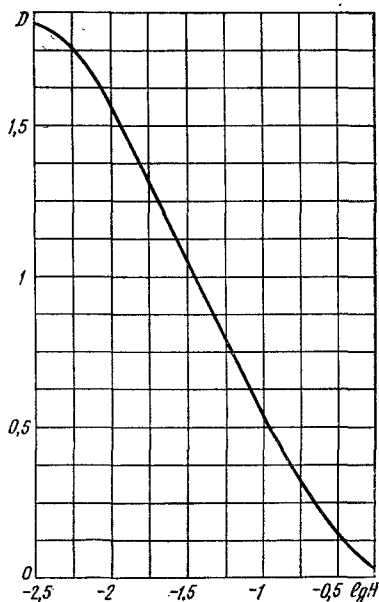


Рис. 179. Характеристическая кривая позитивного изображения фотокомплекта «Момент-4А»

Сенситометрические характеристики

$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	$D_{\text{макс}}$	$D_{\text{мин}}$	L	R , лин/мм
600	1,5	0,05	1,35	10

251. Негативные фотобумаги для одноступенного диффузионного фотокомплекта «Момент»: НМ-1 — без адгезионного слоя, НМ-2 — с адгезионным слоем (ТУ 6-17-568—79). Изготавливаются на бумагооснове массой 80—110 г/м² с баритовым слоем. Выпускаются в рулонах шириной 900 мм при длине 250—400 м.

Сенситометрические характеристики

$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	$\gamma_{\text{рек}}$	D_0	$D_{\text{макс}}$	L
400	0,9	0,2	1,3	0,45

ФОТОТЕХНИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ ФТ

252. Общие данные и обозначение. Фототехнические пленки предназначены преимущественно для репродукционных работ в полиграфии и для специальных целей. В зависимости от контрастности подразделяются на пять групп: полутоновые мягкие ($\gamma \leq 1$), штриховые нормальные ($\gamma \leq 2$), штриховые контрастные ($\gamma \leq 3$), сверхконтрастные ($\gamma \approx 4 \dots 8$), особоконтрастные типа ЛИТ ($\gamma \geq 10$). Каждая группа дополнительно различается по спектральной светочувствительности и степени сенсibilизации по спектру. Характеристические кривые и графики кинетики проявления показаны на рис. 180.

Обозначение фототехнических пленок состоит из букв ФТ — фототехническая. Пленки для фототелеграфии имеют в обозначении вторую букву Ф (ФТФ). Цифры и буквы после дефиса обозначают характеристику фотослоя и назначение фотопленки: одна или две первые цифры показывают величину коэффициента контрастности γ (нижний предел), вторая — степень сенсibilизации: 0 — несенсибилизированная, 1 — ортохроматическая, 2 — изопанхроматическая. Например, ФТ-31: фототехническая пленка с $\gamma_{\text{рек}} = 3$, ортохроматическая. Буква или буквы после дефиса (вместо цифр или после цифр) характеризуют фотослой и указывают технологическую принадлежность (П — безусадочная пленка). Дополнительное название ЛИТ у особоконтрастных пленок произошло от высокого (безореального) качества фотослоя, на котором изображение штрихов и точек не размыто и сходно с ЛИТ-графичным изображением на камне, характерным резаными штрихами.

Противореальный слой пленок ФТ, нанесенный на обратной стороне подложки, имеет цвет: красный — для несенсибилизированных; темно-красный — ортохроматических и зеленый — изопанхроматических пленок. Матовый противореальный слой служит для ретуши карандашом, глянцевый — для ретуши краской посредством кисти. При работе в темноте с пленками ФТ-12, ФТ-22 и ФТ-32 эмульсионная сторона определяется положением просечки в правом верхнем углу листа. При этом эмульсия обращена в сторону работающего.

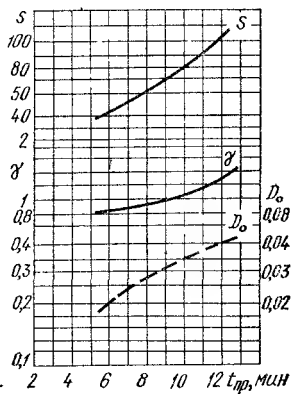
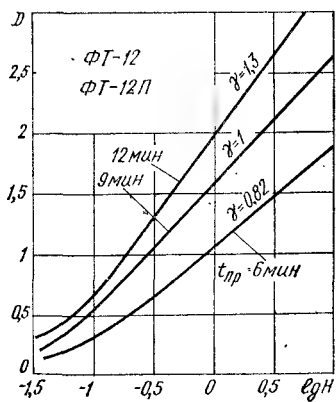
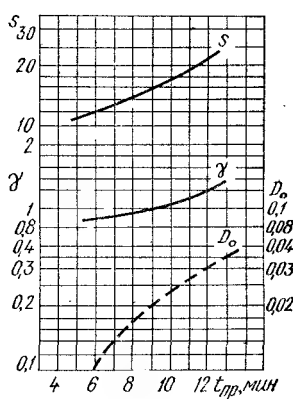
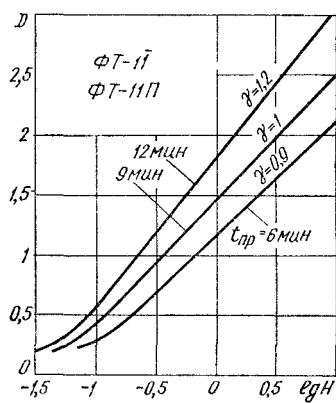
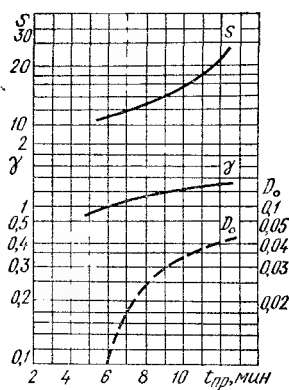
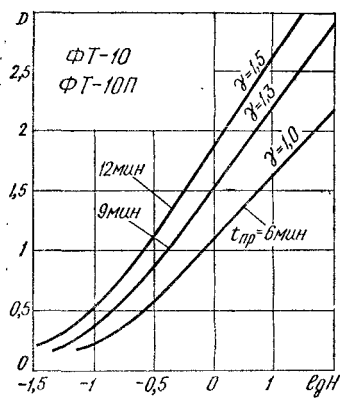
При хранении пленок ФТ эмульсионная сторона должна быть полностью покрыта прокладочным листом бумаги. Пакет с пленкой должен храниться вертикально (на ребре).

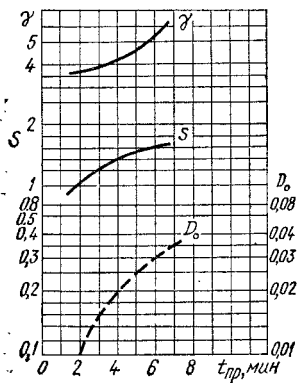
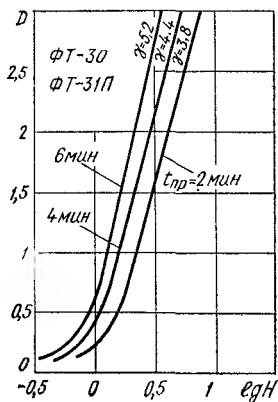
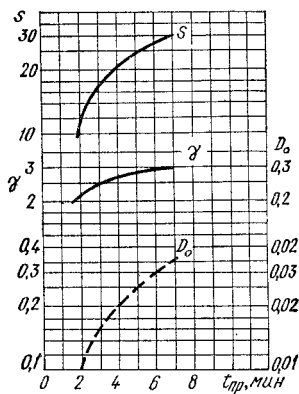
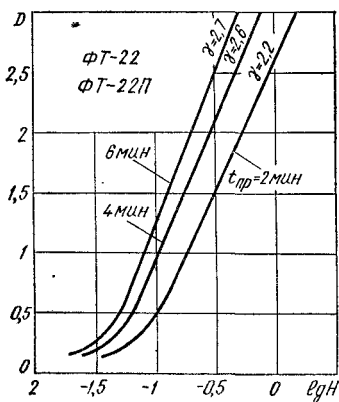
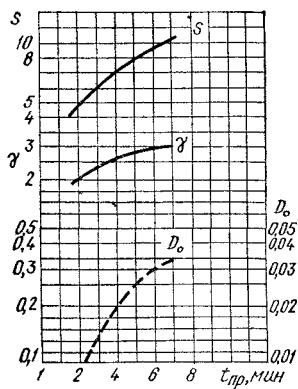
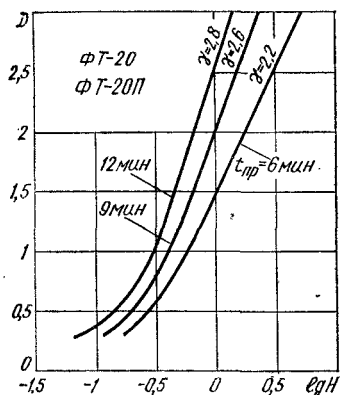
Пленки выпускаются в виде листов и рулонов. Размеры листов: 13×18 , 18×24 , 24×30 , 30×40 , 30×42 , 40×50 , 42×61 , 50×60 см. Размеры рулонов: 8×3000 , $14,6 \times 3000$, $19,6 \times 3000$, 32×3000 , 112×3000 см. Могут выпускаться рулонами длиной от 10 до 30 м.

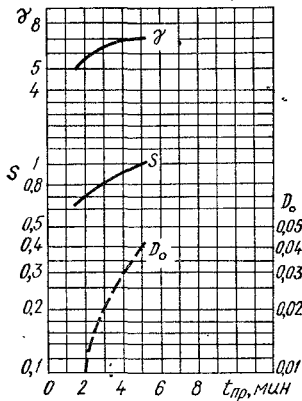
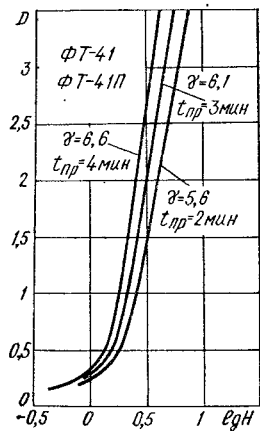
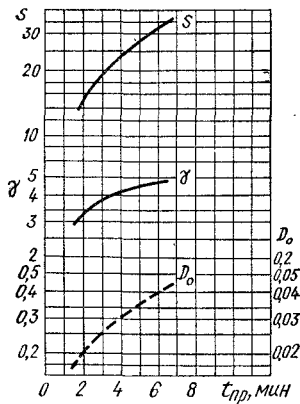
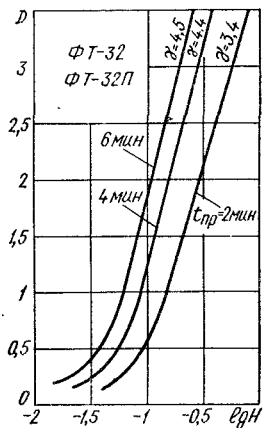
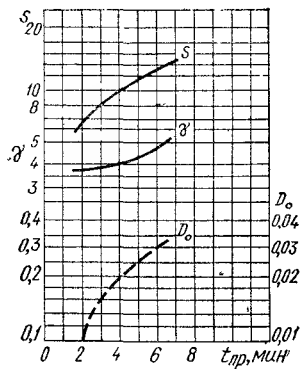
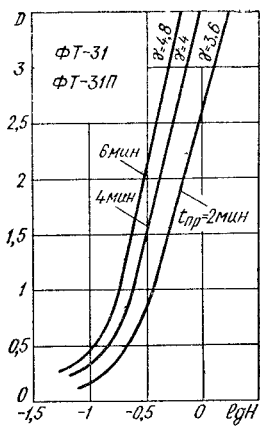
На триацетатцеллюлозной основе выпускаются пленки: толщиной 160—180 мкм (ФТ-10, ФТ-12, ФТ-20, ФТ-22, ФТ-31, ФТ-32, ФТ-101, ФТ-101М, ФТ-111 и ПКМ), 110—130 мкм (ФТ-30, ФТ-41, ФТ-51М, ФТ-ФН), 140—160 мкм (пленка ПКСС) и 170—190 мкм (пленка ОГ-2).

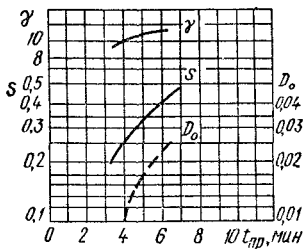
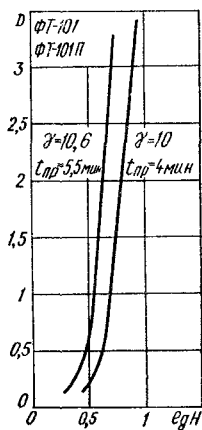
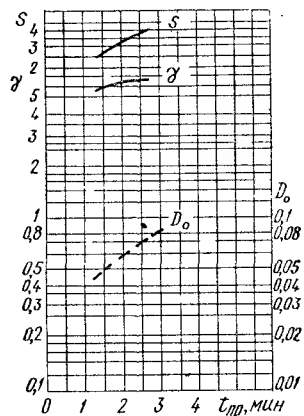
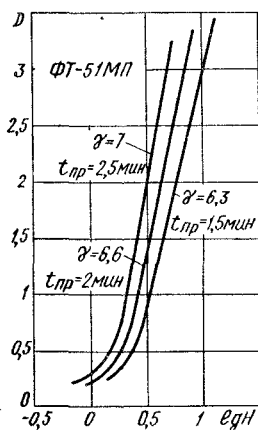
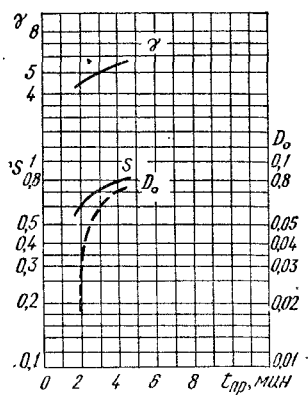
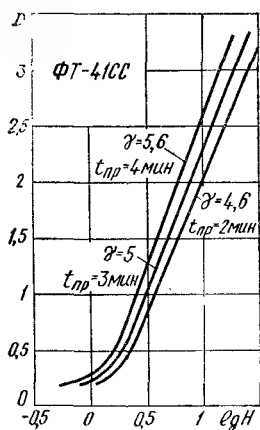
На лавсановой (полиэтилен-терефталатной) основе толщиной 61—80 и 100 ± 8 мкм выпускаются пленки с буквой П в обозначении (безусадочные), применяемые для цветоделительных процессов и фотосаблонов электронных печатных плат.

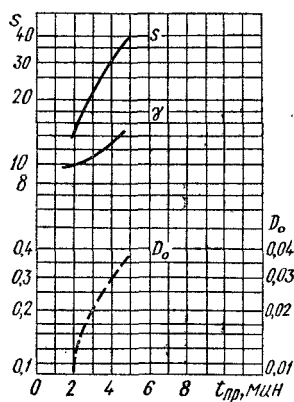
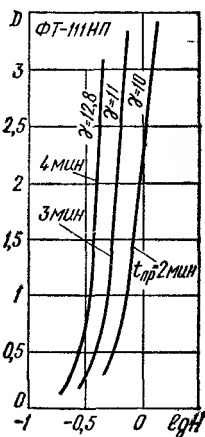
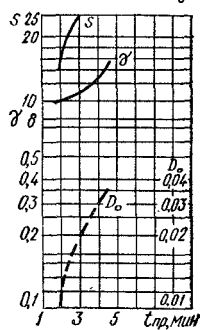
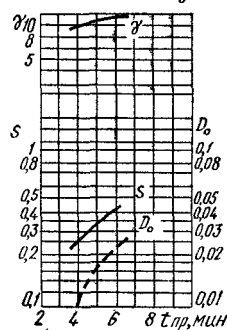
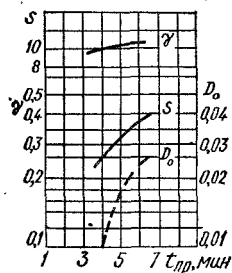
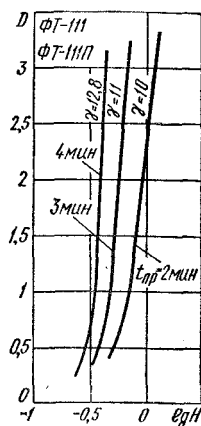
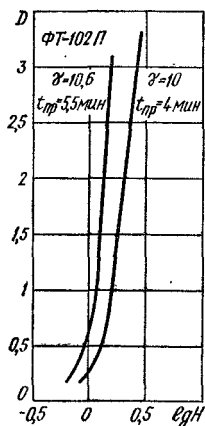
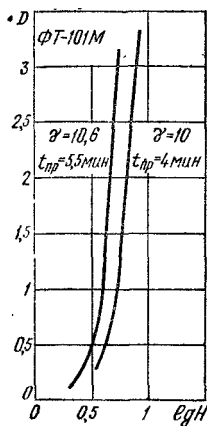
На лавсановой основе толщиной 100 ± 6 мкм выпускаются пленки ФТ-102П, ФТ-111НП, ФТ-М2П, ОС-П, ФТФ-3 и ФТ-ЭЦК.

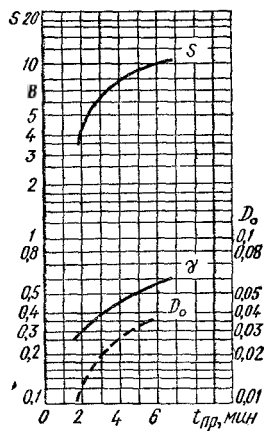
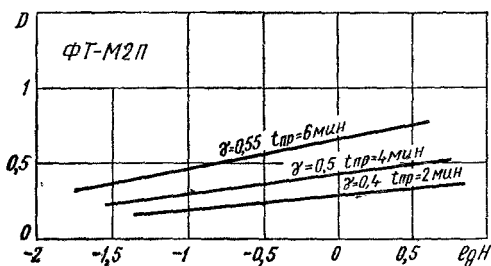
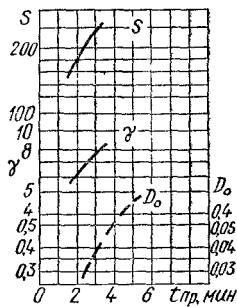
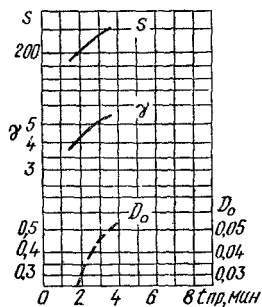
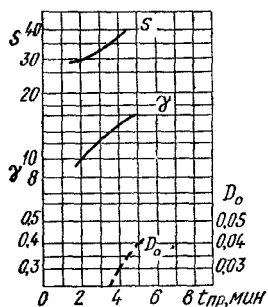
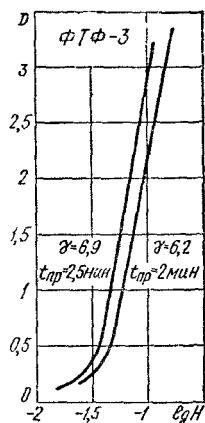
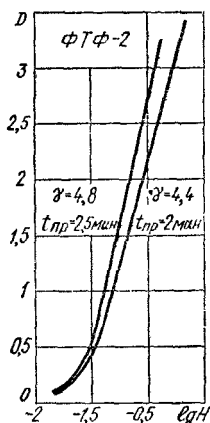
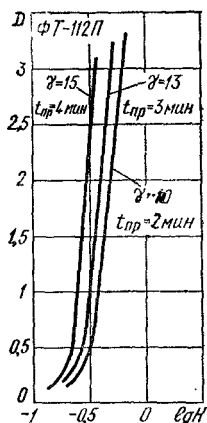


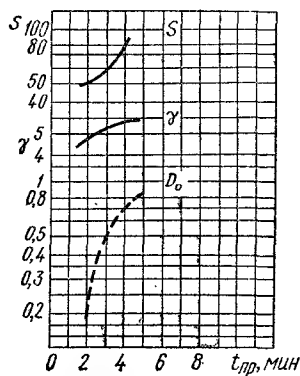
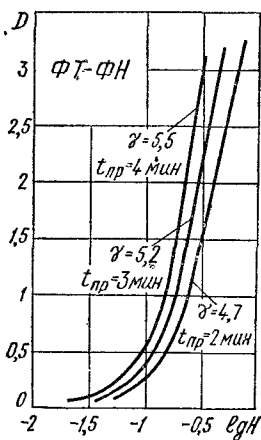
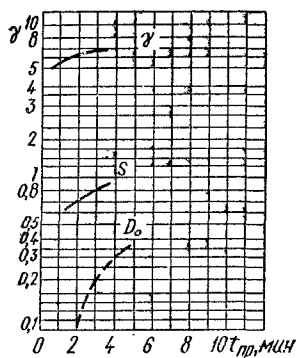
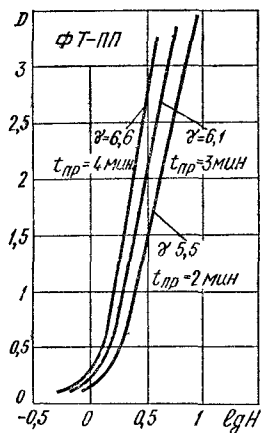
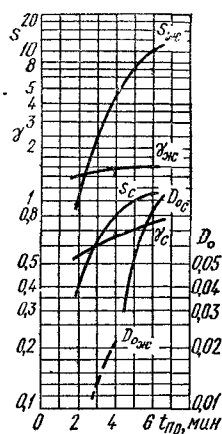
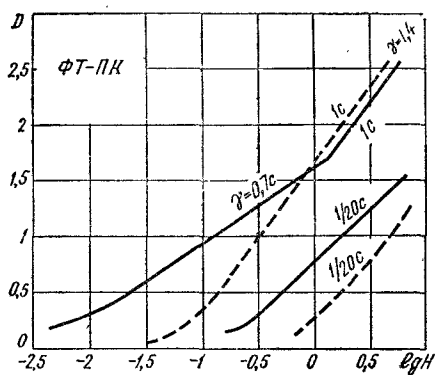












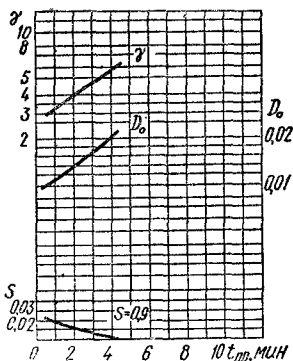
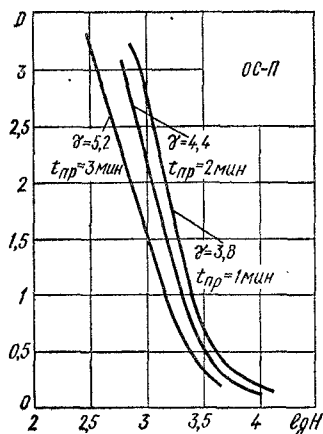
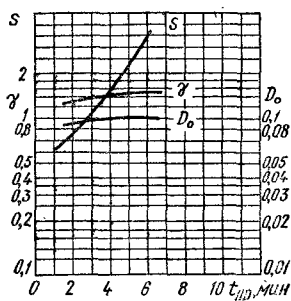
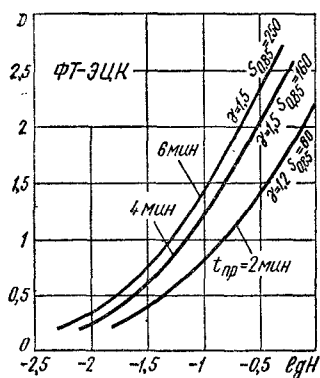


Рис. 180. Характеристические кривые и графики кинетики проявления фототехнических пленок

Механические показатели фотопленок ФТ Основа фотопленок

Триацетатная Лавсановая

Усадка при химикофотографической обработке, %	0,15—0,5	До 0,01
Степень набухания в воде, %	0,35—0,45	До 0,03
Прочность на разрыв, МПа	85—100	180—190
Удельная ударная вязкость, кДж/м²	15—20	70—90
Число двойных перегибов	70—100	5000

253. Характеристика и назначение фототехнических пленок.

ФТ-10*, ФТ-10П** — полутонные несенсибилизированные мало-контрастные пленки с красным глянцевым или матовым противооре-

* ОСТ 6-17-400—75.

** ТУ 16-17-710—75.

ольным слоем. *Применение:* изготовление полутоновых диапозитивов контактным или проекционным способом при однокрасочных и многокрасочных оригиналах и полутоновых негативов с черно-белых оригиналов; запись полутоновых цветоделенных откорректированных негативов на электронных цветокорректорах.

ФТ-11*, ФТ-11П** — полутоновые ортохроматические малоконтрастные пленки с глянцевым или матовым темно-красным противоореальным слоем. *Применение:* изготовление мягких полутоновых негативов с черно-белых оригиналов и мягких цветокорректирующих масок; съемка тоновых оригиналов коричневатой окраски и некоторых многоцветных оригиналов для однокрасочной репродукции.

ФТ-12*, ФТ-12П** — полутоновые изопанхроматические малоконтрастные пленки с глянцевым или матовым зеленым противоореальным слоем. *Применение:* изготовление цветоделенных полутоновых негативов с контрастными многоцветных оригиналов и цветокорректирующих масок с цветными светофильтрами.

ФТ-20*, ФТ-20П** — полутоновые несенсибилизированные среднеконтрастные пленки с глянцевым или матовым красным противоореальным слоем. *Применение:* изготовление полутоновых диапозитивов с мягких негативов и полутоновых и штриховых негативов с черно-белых оригиналов.

ФТ-22*, ФТ-22П** — полутоновые изопанхроматические среднеконтрастные мелкозернистые пленки с глянцевым или матовым зеленым противоореальным слоем. *Применение:* цветоделенная съемка мягких полутоновых оригиналов при косвенном методе цветной репродукции; съемка с применением раstra.

ФТ-30*, ФТ-30П** — штриховые несенсибилизированные контрастные мелкозернистые пленки высокоразрешающие с глянцевым противоореальным красным слоем. *Применение:* контактная печать со штриховых, растровых и текстовых негативов; съемка штриховых оригиналов; изготовление градационных масок.

ФТ-31*, ФТ-31П** — штриховые ортохроматические мелкозернистые контрастные высокоразрешающие пленки с глянцевым красным противоореальным слоем. *Применение:* штриховая и растровая съемка черно-белых оригиналов; изготовление цветоделенных растровых негативов при косвенном способе цветной репродукции.

ФТ-32*, ФТ-32П** — штриховые изопанхроматические контрастные мелкозернистые высокоразрешающие пленки с глянцевым или матовым зеленым противоореальным слоем. *Применение:* изготовление цветоделенных растровых и штриховых негативов с многоцветных оригиналов прямым методом цветной репродукции, градационных масок цветов при цветной репродукции прямым и косвенным методом, изготовление цветоделенных полутоновых негативов с очень малоконтрастными оригиналов.

ФТ-41* — высококонтрастная ортохроматическая мелкозернистая высокоразрешающая пленка с темно-красным противоореальным слоем. *Применение:* контратипирование растровых и штриховых изображений, полученных на материалах с недостаточной контрастностью; изготовление контрастных масок при градационном и цветокорректирующем маскировании; выполнение фоторабот, требующих применения высококонтрастных фотоленок с высокой разрешающей способностью; изготовление растровых негативов и диапозитивов повышенного качества.

* ОСТ 6-17-400—75.

** ТУ 16-17-710—75.

ФТ-41П (ТУ 6-17-789—76) — лавсановая (безусадочная) высококонтрастная ортохроматическая мелкозернистая высокоразрешающая пленка с темно-красным противоореальным слоем. *Применение:* изготовление фотошаблонов для электронных печатных плат и негативов высшего контраста различного назначения.

ФТ-41СС (ТУ 6-17-850—76) — высококонтрастная ортохроматическая пленка со съёмным эмульсионным слоем. *Применение:* изготовление фотошаблонов и растров; корректировка текста методом вклеивания съёмного слоя.

ФТ-51М, ФТ-51МП (ТУ 6-17-1111—80) — универсальные высококонтрастные ортохроматические пленки с защитным противоореальным и противоскручивающим слоями для растровых и штриховых работ с обработкой в проявочных машинах.

ФТ-101, ФТ-101П (ТУ 6-17-450—79) — особоконтрастная пленка типа ЛИТ, ортохроматическая мелкозернистая высокоразрешающая с глянцевым темно-красным противоореальным слоем. *Применение:* изготовление негативов и диапозитивов с применением контактных растров; черно-белая съемка; контратипирование штриховых и растровых изображений; выполнение работ, требующих применения сверхконтрастных пленок высокой разрешающей способности.

ФТ-101М — особоконтрастная пленка типа ЛИТ, высокоразрешающая ортохроматическая для штриховых и растровых работ.

ФТ-102П — сверхконтрастная низкочувствительная панхроматическая пленка с высокими физико-механическими свойствами для штриховых и растровых работ. Обеспечивает получение негативов с повышенной резкостью элементов изображения.

ФТ-111, ФТ-111П (ТУ 6-17-514—73) — сверхконтрастные высокочувствительные ортохроматические пленки для растровой и штриховой съемки в фоторепродукционном аппарате и контактно-копировальных установках.

ФТ-111НП (ТУ 6-17-756—75) — сверхконтрастная ортохроматическая высокочувствительная пленка с матовым эмульсионным слоем, препятствующим образованию колец Ньютона при контакте с глянцевой фотополимерной пластиной.

ФТ-112П (ТУ 6-17-560—79) — сверхконтрастная высокочувствительная изопанхроматическая пленка. *Применение:* изготовление цветоделенных растровых негативов прямым способом растрирования в репродукционных установках; получение растровых и штриховых изображений в контактно-копировальных установках.

ФТ-М2П (ТУ 6-17-788—76) — особомягкая полутоновая изопанхроматическая пленка. *Применение:* изготовление делительных черно-белых масок с контактным или проекционным копированием, корректирующим цветоделение в процессе цветоделительной съемки многоцветного оригинала; изготовление цветоделительных полутоновых негативов с полиграфических цветных оригиналов, имеющих большой интервал плотностей.

Маскирование посредством пленки ФТ-М2П может выполняться одной или отдельными масками, получаемыми за красным, зеленым и синим фильтрами. Для получения единой черно-белой серебряной маски, корректирующей цветной оригинал, в комплект пленки может поставаться желто-зеленый фильтр.

ФТ-ПК (ТУ 6-17-556—79) — полутоновая ортохроматическая двухслойная пленка на лавсановой основе с контрастностью, регулируемой экспонированием за желтым и синим фильтром без изменений условий проявления. Противоореальный слой красный полуматовый. *Применение:* изготовление полутоновых диапозитивов с заданным интервалом плотностей (контактным или проекционным способом) при одно-

красочных и многокрасочных работах, полутоновых негативов с чер-но-белых оригиналов и контактных растров.

ФТФ-2 (ТУ 6-17-844—76) — высококонтрастная высокочувствительная ортохроматическая штриховая пленка с глянцевым красным противоореальным слоем для скоростной записи фототелеграфных сигналов при передаче газет.

ФТФ-3 (ТУ 6-17-874—77) — ортохроматическая пленка с глянцевым красным противоореальным слоем для скоростной записи фототелеграфных изображений с обработкой в проявочных машинах при роликовой транспортировке.

ФТ-ФН (ТУ 6-17-873—77) — высококонтрастная высокочувствительная ортохроматическая пленка для изготовления диапозитивов текста в скоростных фотонаборных машинах с обработкой в проявочных машинах при фрикционном перемещении.

ФТ-ПК (ТУ 6-17-556—79) — ортохроматическая пленка с переменным коэффициентом контрастности для изготовления полутоновых диапозитивов с заданным интервалом оптических плотностей при постоянном режиме проявления.

ФТ-ПП (ТУ 6-17-787—76) — высококонтрастная ортохроматическая высокоразрешающая пленка для изготовления фотошаблонов электронных печатных плат.

ФТ-ЭЦК (ТУ 6-16-835—76) — полутоновая несенсибилизированная пленка нормального контраста для записи цветоделенных негативов с помощью электронного цветокорректора и обработкой в проявочных машинах с роликовой транспортировкой.

ОГ-2 (ТУ 6-17-546—79) — пленка для изготовления офсетных растровых диапозитивов с последующим корректированием гравировальных изображений. *Строение*: на одной стороне бесцветной триацетатцеллюлозной основы нанесен желатиновый коллоидно-серебряный светопоглощающий слой и прозрачный слой из задубленной и пластифицированной желатины; на другой — противоскручивающий желатиновый задубленный контрслой. Оптическая плотность коллоидно-серебряного слоя за синим и зеленым фильтрами не менее 3.

ОС-П (ТУ 6-17-1058—79) — прямопозитивная пленка, обрабатываемая светом низкой интенсивности. *Применение*: изготовление копий фотошаблонов электронных печатных плат.

Сенситометрические характеристики пленок ФТ для проявителя СТ-1

Низкой и средней контрастности

	ФТ-10, ФТ-10П	ФТ-11, ФТ-11П	ФТ-12, ФТ-12П	ФТ-20, ФТ-20П	ФТ-22, ФТ-22П
$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	11—22	16—32	65—130	4—11	8
$\gamma_{\text{рек}}$	1—3	1	1	2,2	2,2
D_0	0,07	0,07	0,9	0,07	0,07
$D_{\text{макс}}$	2	1,8	2,2	3	3
R , лин./мм	100	100	73	100	100
$\Delta\lambda_s$, нм	—	570	670	—	670

Контрастных

	ФТ-30, ФТ-30П	ФТ-31, ФТ-31П	ФТ-32, ФТ-41, ФТ-32П ФТ-41П	ФТ-41СС	
$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	1—2	8—12	16—32	0,5—1	0,4
$\gamma_{рек}$	3,4	3,4	3,2	4,5	4,5
D_0	0,06	0,05	0,07	0,06	0,1
$D_{макс}$	3	3	3	3	3
R , лин/мм	116	116	116	195	—
$\Delta\lambda_S$, нм	—	570	670	570	570

Сенситометрические характеристики высококонтрастных пленок ФТ для проявителей ИП-3 и Ф-1

	ФТ-101, ФТ-101П		ФТ-101М		ФТ-102П		ФТ-111, ФТ-111П	
	ИП-3	Ф-1	ИП-3	Ф-1	ИП-3	Ф-1	ИП-3	Ф-1
$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	0,2	0,5	0,3	0,5	0,1	0,2	1,8	1,8
$\gamma_{рек}$	10	8	10	8	8	8	10	10
D_0	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,1	0,1
$D_{макс}$	3,6	—	3,6	—	—	—	3,6	3,6
R , лин/мм	250	200	—	200	200	200	170	170
$\Delta\lambda_S$, нм	580	580	580	—	580	700	570	570

	ФТ-112П	ФТФ-2	ФТФ-3	ФТ-ФН	ФТ-ФНП	ФТ-ПК
$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	3,5	180	180	60	60	—
$S_{0,2}^c$, ед. ГОСТ	9	3,7	3,7	—	—	4—10
$S_{0,2}^{ж}$, ед. ГОСТ	—	—	—	—	—	0,4—1
$\gamma_{рек}$	9	3,7	3,7	5	5	—
$\gamma_{рек}^{c*}$	—	—	—	—	—	0,55—0,7
$\gamma_{рек}^{ж**}$	—	—	—	—	—	1,4—1,6
D_0	0,1	0,08	0,08	0,1	0,1	0,08
$D_{макс}$	3,6	3	3	3	—	—
R , лин/мм	70	100	100	100	100	75
$\Delta\lambda_S$, нм	680	600	600	580	580	—

* При экспонировании за синим фильтром.

** При экспонировании за желтым фильтром.

Сенситометрические характеристики различных пленок ФТ для проявителя ФТ-2

	ФТ-51, ФТ-51МП	ФТ-М2П	ФТ-ПП	ФТ-ЭЦК	ФТ-102П, ОС-П
$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	32	4	0,8	180	$1 \cdot 10^{-3}$
$\gamma_{рек}$	5	0,3—0,6	4,5	1,5—2,2	4
D_0	0,08	0,12	0,08	0,06	0,14
$D_{макс}$	—	—	3	2,5	3
R , лин/мм	180	100	230	108	—

ФОТОПЛЕНКИ ДЛЯ МИКРОФИЛЬМИРОВАНИЯ ТИПА «МИКРАТ»

254. Общие данные. Высокора разрешающие пленки «Микрат» выпускаются черно-белыми негативными и позитивными на триацетатной и лавсановой подложке в виде рулонов и плоских пленок. Рулонные пленки делятся на перфорированные и неперфорированные. Характеристические кривые и графики кинетики проявления показаны на рис. 181.

Тип пленки	Ширина, мм	Вид пленки	Длина рулона, м
«Микрат-200»	35	Неперфорированная	30 60 120 300
	35	Перфорированная	
	70	Неперфорированная	60 120 300
«Микрат-300»	16	»	30 60 120 300
	35	Перфорированная	
	35	Неперфорированная	
	70	»	
	105	Листовая (10,5×15см)	0,148
«Микрат-позитив П»	16	Неперфорированная	60
«Микрат-позитив К»	35	Перфорированная	60 120 300
	35	Неперфорированная	
	70	»	
	105	»	
«Микрат-900П»		По согласованию с потребителем	
«Микрат-900К»			

255. Характеристика и назначение фотопленок типа «Микрат».

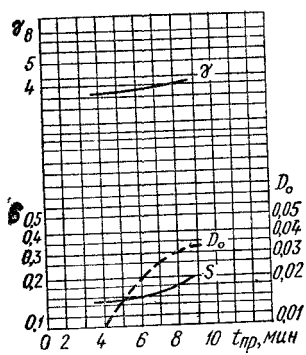
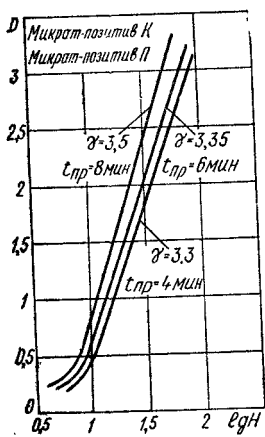
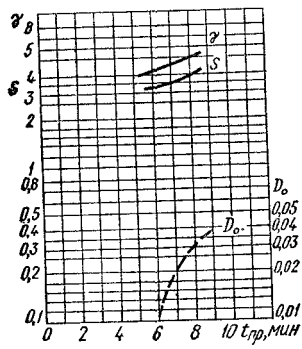
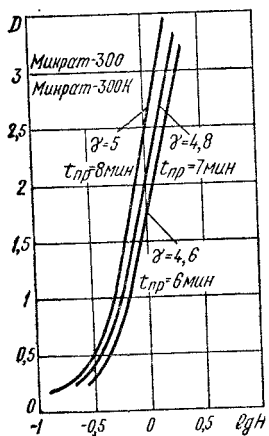
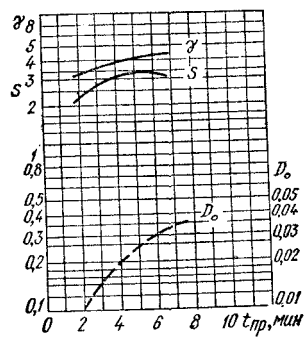
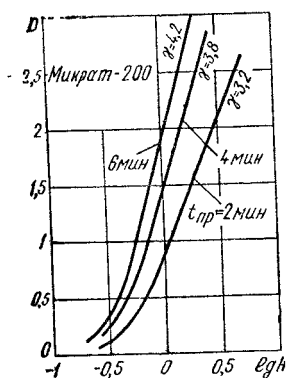
«Микрат-200» (ГОСТ 10891—75) — негативная ортохроматическая пленка с прозрачным противоскручивающим слоем. Допускается обработка при красном свете. Предназначена для мелкомасштабной съемки черно-белых и цветных оригиналов (чертежей, рукописей).

«Микрат-300», «Микрат-300К» (ГОСТ 10891—75) — негативные изопанхроматические пленки для микрофильмирования черно-белых и цветных штриховых и буквенных оригиналов. «Микрат-300» имеет зеленый противоореольный слой и восковое покрытие. «Микрат-300К» выпускается с темно-зеленым противоскручивающим контрслоем.

«Микрат-позитив П», «Микрат-позитив К» (ГОСТ 10891—75) — позитивные ортохроматические пленки для изготовления позитивных микрофильмов со штриховых и полутонных негативных микрофильмов. «Микрат-позитив П» имеет зеленый противоореольный слой и восковое покрытие. «Микрат-позитив К» выпускается с красным противоореольным противоскручивающим контрслоем.

«Микрат-900П», «Микрат-900К» (ТУ 6-17-742—75) — негативные панхроматические сверхразрешающие пленки с высокими кратностями уменьшения. «Микрат-900П» имеет зеленый противоореольный слой, «Микрат-900К» выпускается с зеленым противоскручивающим контрслоем.

«Микрат-К» (ТУ 6-17-653—75) — негативная ортохроматическая пленка на лавсановой основе с улучшенной репродукционной способностью. Предназначена для микрофильмирования издательских оригиналов карт. Имеет темно-красный глянцевый противоореольный противоскручивающий слой.



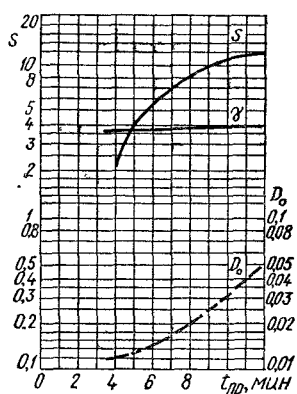
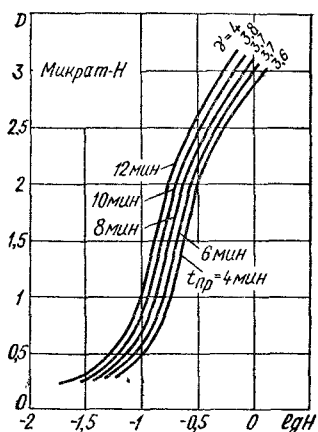
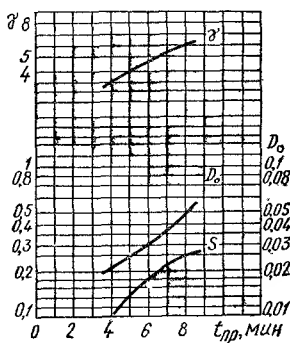
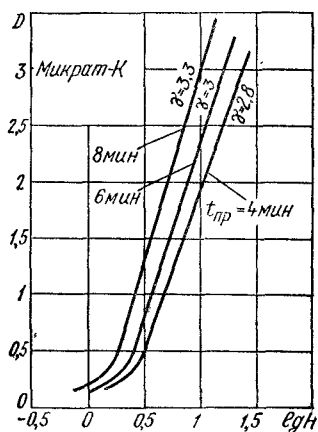
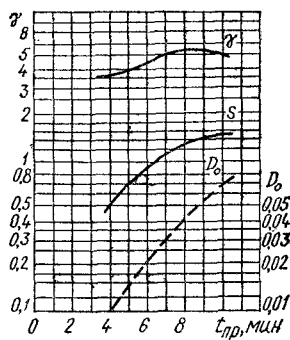
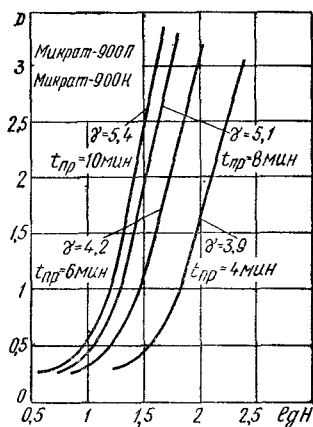


Рис. 181. Характеристические кривые и графики кинетики проявления фотопленок «Микрат»

«Микрат-1» (ТУ 6-17-1090—80) — негативная изопанхроматическая пленка для микрофильмирования черно-белых и цветных штриховых оригиналов при скоростной химико-фотографической обработке в интервале температур 20—45 °С.

Сенситометрические характеристики фотопленок типа «Микрат»

Пленка (проявитель)	$S_{0,2}$ ед. ГОСТ	$\gamma_{рек}$	D_0	R , мин./мм	$\Delta\lambda_S$, нм
«Микрат-200» (СТ-1)	2,7	3	0,04	196	580
«Микрат-200» (УП-2МФ)	6	3	0,05	196	580
«Микрат-300», «Микрат-300 К*» (УП-2М)	2,5	4	0,04	300	680
«Микрат-300», «Микрат-300 К*» (УП-2МФ)	3	4	0,05	300	680
«Микрат-позитив П», «Микрат-позитив К» (УП-2М)	0,08	3	0,06	350	580
«Микрат-позитив П», «Микрат-позитив К» (УП-2МФ)	0,12	3	0,06	350	580
«Микрат-900П», «Микрат-900К» (СТ-1)	0,02	3	0,08	600	660
«Микрат-Н» (СТ-1)	4,5	2,8	0,04	315	690
«Микрат-К*» (СТ-1)	0,1	3—5	0,08	300	580

* $D_{\max} = 3$.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ

256. Общие данные. Рентгеновские пленки — черно-белые, различаются трех видов — медицинские, технические и дозиметрические. Выпускаются на бесцветной или окрашенной в голубой цвет триацетатной основе толщиной 180 мкм (кроме РФ-3 толщиной 135—150 мкм и РФХ-1 — 210 мкм). Чувствительность пленок к желто-зеленым лучам выражается в ед. ГОСТ, чувствительность к рентгеноизлучению — в обратных рентгенах ($S_{обр.р.}$), вызывающих почернение плотностью $D = 1$. Пленки обрабатываются в проявителе СТ-1 или КЦ-1 в течение 4—10 мин. Характеристические кривые и график кинетики проявления показаны на рис. 182.

257. Медицинские рентгеновские пленки подразделяются на: зубоврачебные РЗ, медицинские РМ, флюорографические РФ.

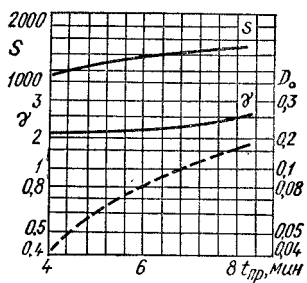
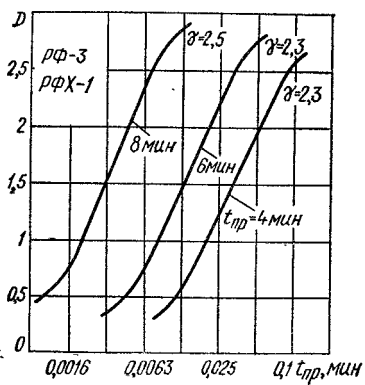
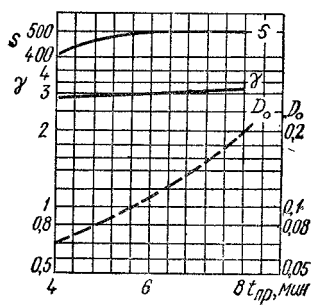
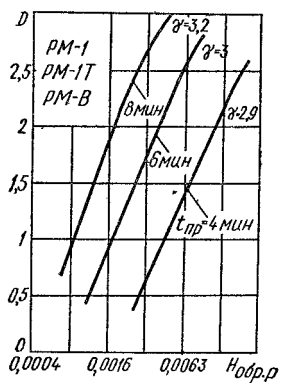
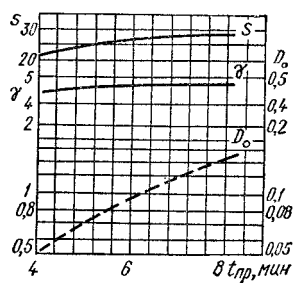
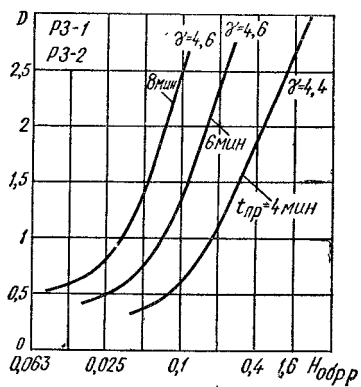
РЗ-1 — двусторонняя несенсибилизированная пленка для рентгенографии зубов без усиливающих экранов.

РЗ-2 — двусторонняя несенсибилизированная мелкозернистая пленка для рентгенографии зубов без усиливающих экранов.

РМ-1, РМ-1Т — двусторонние несенсибилизированные пленки для медицинской диагностики с применением люминесцентных усиливающих экранов. Пленка РМ-1Т термостойкая.

РМ-1М — двусторонняя несенсибилизированная пленка для медицинской рентгенографии с применением люминесцентных усиливающих экранов и ускоренной обработкой в автоматических проявочных машинах.

РМ-6 — двусторонняя ортохроматическая высокочувствительная пленка для медицинской рентгенографии с применением люминесцентных усиливающих экранов типа УС; $\Delta\lambda_S = 640$ нм.



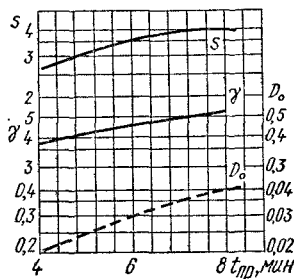
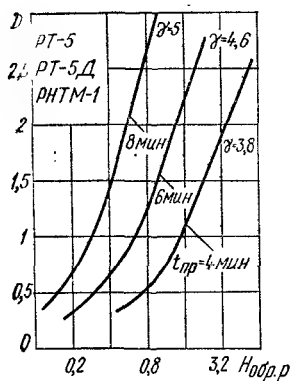


Рис. 182. Характеристические кривые и графики кинетики проявления рентгенографических фотоленок

РМ-В — двусторонняя несенсибилизированная высокочувствительная пленка для медицинской и научной рентгенографии с применением люминесцентных усиливающих экранов.

РФ-3 — односторонняя ортохроматическая высокочувствительная пленка для флюорографии с применением флуоресцирующих экранов; $R = 82$ лин/мм, $\Delta\lambda_S = 640$ нм.

РФХ-1 — односторонняя ортохроматическая высокочувствительная пленка с глянцевым красным противоореальным противоскручивающим контролем для работы на крупнокадровых флюорографах с применением флуоресцирующих экранов; $R = 75$ лин/мм, $\lambda_{\text{макс}} = 640$ нм.

Сенситометрические характеристики

	РЗ-1	РЗ-2	РМ-1, РМ-1Т	РМ-1М	РМ-6	РМ-8	РФ-3	РФХ-1
$S_{0,85}$, ед. ГОСТ	25	13	400	400	1400	650	1100	900
$\gamma_{\text{рек}}$	3	3,5	2,8	2,8	3,5	3	2,3	1,8
D_0^*	0,2	0,12	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,18

* $D_{\text{макс}} = 3$.

258. Технические рентгенографические пленки.

РНТМ-1, РНТМ-1Д — двусторонние несенсибилизированные пленки для рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализов, выявления дефектов при рентгеновских съемках тонких стальных деталей и деталей из легких сплавов. Могут быть применены для медицинского диагностирования опухолей в мягких тканях и рентгенографии зубов.

РТ-1, РТ-1Т — двусторонние несенсибилизированные среднеконтрастные высокочувствительные для применения в промышленной радиологии. Пленка РТ-1Т термостойкая.

РТ-1Д — двусторонняя несенсибилизированная пленка для рентгеновских съемок без усиливающих экранов. *Применяется* в промышленности для рентгеновских съемок деталей большой толщины.

РТ-2 — двусторонняя несенсибилизированная пленка для промышленной дефектоскопии.

РТ-4М, РТ-5М (мелкозернистая) — двусторонние несенсибилизированные высококонтрастные низкочувствительные пленки. *Применяются* в промышленной радиографии, научной рентгенографии, для рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализов.

РТ-5Д — двусторонняя несенсибилизированная пленка для съемок без усиливающих экранов. *Применяется* для дефектоскопии тонких стальных деталей и деталей из легких сплавов, для рентгеноструктурного и рентгеноспектрального анализов.

РТ-6М — двусторонняя несенсибилизированная высокочувствительная пленка. *Применяется* в промышленной и научной рентгенографии без усиливающих экранов и для регистрации космических излучений и ядерных взаимодействий.

РТ-СЗ, РТ-СЗУ — двусторонние несенсибилизированные светозащитные пленки для промышленной радиографии. РТ-СЗ — для съемок без усиливающих экранов, РТ-СЗУ — с усиливающим экраном.

РТ-СШ — несенсибилизированная пленка в световлагодонепроницаемой упаковке для съемки с усиливающим экраном ЭУ-П. *Предназначена* для радиографического контроля сварных швов магистральных нефтегазопроводов и регистрации ионизирующих излучений сверхвысоких энергий.

Сенситометрические характеристики

	$S_{0,85}$, обр. р.	$\gamma_{рек}$	D_0		$S_{0,85}$, обр. р.	$\gamma_{рек}$	D_0
РТ-1, РТ-1Т*	25	3	0,18	РТМ-1, РТМ-1Д	13	3,5	0,12
РТ-2	450**	3***	0,2	РТ-5Д	3	4	0,1
РТ-4М	5	3,5	0,1	РТ-СШ	10	3	0,15
РТ-5	3	4	0,08	РТ-6М	70—100	3	0,2
РТ-1Д				РТ-СЗ, РТ-СЗУ	3	4	0,1

* Без экрана.

** С экраном. Без экрана $S_{0,85} = 15$.

*** С экраном. Без экрана $\gamma_{рек} = 2,5$.

259. Дозиметрические рентгенографические пленки.

РМ-5-1 — двусторонняя несенсибилизированная высокочувствительная пленка в индивидуальной упаковке: $S = 25$ обр. р; $\gamma_{рек} = 3$; $D_0 = 0,16$. Применяется для контроля ионизирующих излучений и регистрации малых доз облучения.

РМ-5-3 — двусторонняя несенсибилизированная малочувствительная пленка для регистрации больших доз облучения: $S = 5$ обр. р; $\gamma_{рек} = 3,5$; $D_0 = 0,1$.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ФОТОПЛЕНКИ

260. Общие данные и сенситометрические характеристики. Астрономические фотопленки предназначены для регистрации при больших выдержках малоконтрастных небесных объектов небольшой угловой

протяженности. Кривые спектральной чувствительности и изоопак астрономических фотопленок показаны на рис. 183.

А-500У, А-600У, А-660У, А-700У, А-700Ф (ТУ 6-17-854—77) — высокочувствительные пленки на триацетатной основе с двусторонним

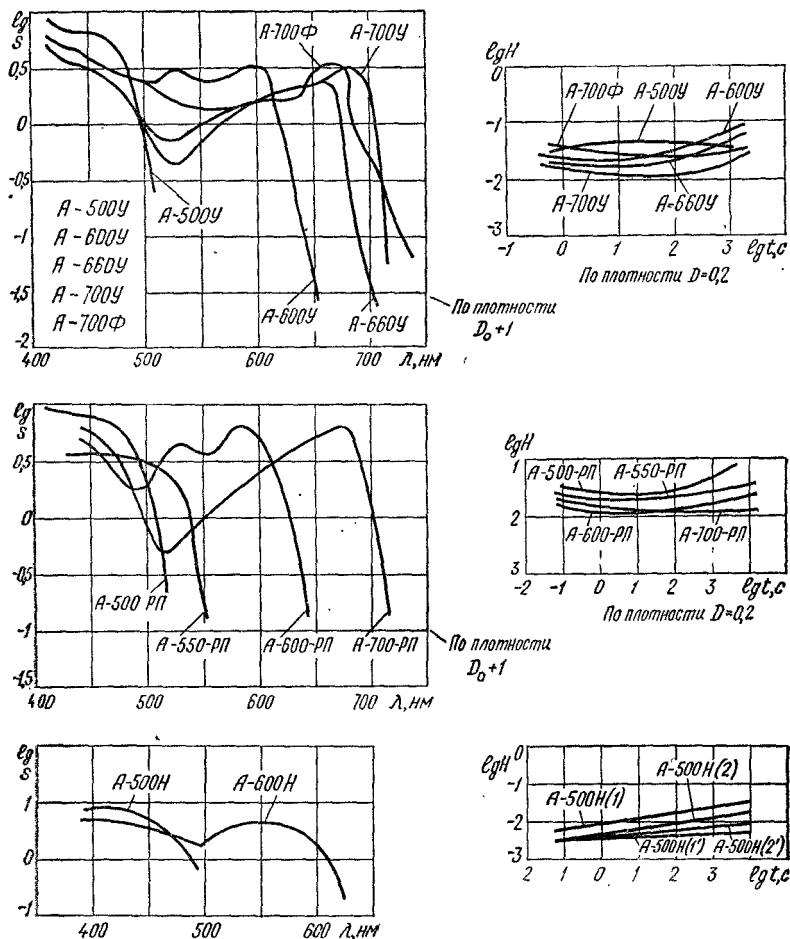


Рис. 183. Кривые спектральной чувствительности и изоопак астрономических фотопленок

подслоем. Имеют глянцевый противоореальный противоскручивающий слой: А-500У и А-600У — красный, А-660У, А-700У и А-700Ф — зеленый.

А-500-РП, А-700-РП (ТУ 6-17-846 — 76); А-550-РП, А-600-РП (ТУ 6-17-593—74) — высокочувствительные пленки на лавсановой основе с двусторонним подслоем. Имеют глянцевый противоореальный

слой: А-500-РП, А-550-РП и А-600-РП — красный, А-700-РП — зеленый.

А-500Н, А-600Н (ТУ 6-17-1009—78) — триацетатные пленки с двусторонним подслоем и глянцевым красным противоореальным слоем. Повышение светочувствительности при длительных выдержках достигается гиперсенситализацией нагреванием. Пленки выпускаются форматными листами 13×13 см.

Размеры пленок: А-500-РП, А-500У, А-550-РП, А-600У, А-660У, А-700-РП и А-700У выпускаются форматными листами 18×24 см и рулонами шириной 35 мм при длине 10, 15 и 30 м. Пленки А-600-РП и А-700Ф — форматом 24×24 см, А-500Н и А-600Н — форматом 13×13 см.

Сенситометрические характеристики

	S , ед. ГОСТ	$\gamma_{\text{рек}}$	D_0	R , лин/мм	$\Delta\lambda_S$
А-500У	32	1,5	0,2	63	500
А-500Н	32	1,5	0,26	75	—
А-500-РП*	10	4	0,2	140	—
А-550-РП*	10	3,5	0,2	155	550
А-600Н	40	1,5	0,26	75	—
А-600-РП*	12	3,5	0,2	140	600
А-600У, А-660У	45	1,5	0,2	63	660
А-700-РП*	22	4	0,2	155	700
А-700У	65	1,5	0,2	63	700
А-700Ф	65	1,5	0,2	63	700

* $D_{\text{макс}} = 3$.

ИНФРАХРОМАТИЧЕСКИЕ ФОТОПЛЕНКИ

261. Общие данные и сенситометрические характеристики. Инфракрасные пленки — черно-белые, предназначены для спектрального анализа и съемки в инфракрасных лучах (ТУ 6-17-1107—80). Спектральные кривые показаны на рис. 184.

И-810-2, И-920-2, И-1030-2, И-1070-2 — триацетатные пленки с двусторонней перфорацией, с одним подслоем и противоореальным лаком.

И-810-2П, И-920-2П, И-1030-2П, И-1070-2П — лавсановые пленки с двусторонним подслоем.

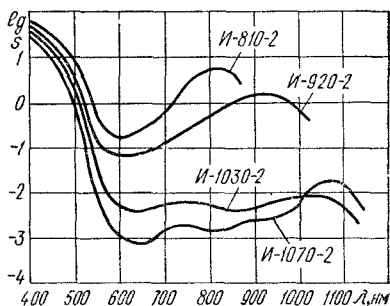


Рис. 184. Кривые спектральной чувствительности инфракрасных фотопленок

Размеры пленок: И-810-2, И-810-2П, И-920-2 выпускаются рулонами шириной 35 мм при длине 30, 60 и 120 м; пленки И-920-2П, И-1030-2, И-1030-2П, И-1070-2, И-1070-2П — рулонами шириной 190 мм при длине 10, 20 и 30 м.

$\gamma_{рек} = 1,5$; $D_0 = 0,25$; $L = 0,6$; $R = 60$ лин/мм

И-810-2, И-810-2П	И-920-2, И-920-2П	И-1030-2, И-1030-2П	И-1070-2, И-1070-2П
----------------------	----------------------	------------------------	------------------------

$S_{0,85}$, ед. ГОСТ за
фильтром КС-14 . .

400

120

1,5

1,5

ФОТОПЛЕНКИ ДЛЯ ГОЛОГРАФИИ

262. Общие данные и сенситометрические характеристики. Фото- пленки предназначены для записи голографического изображения в лазерном свете по схеме сходящихся и встречных пучков. Выпуска-

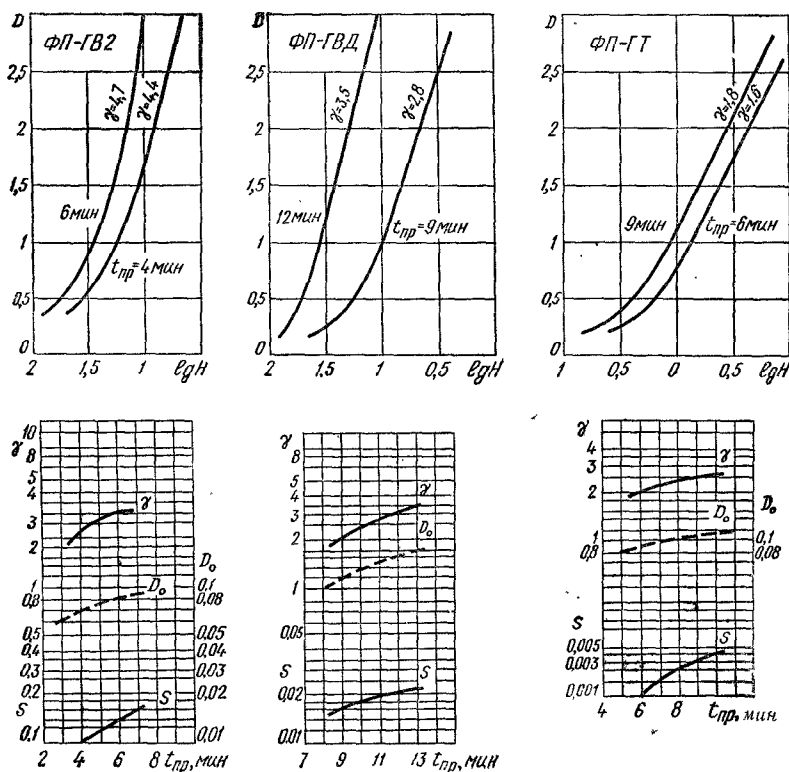


Рис. 185. Характеристические кривые и графики кинетики проявления фотоголографических пленок

ются на тринадцатой основе. Применяются: в искусстве — для съемки художественных портретов и других объектов; в технике — для регистрации быстротекущих процессов, неразрушающего контроля

различных изделий, голографического микрофильмирования, в качестве элемента памяти голографического запоминающего устройства; в медицине — для голографической съемки внутренних органов. Характеристические кривые и графики кинетики проявления показаны на рис. 185.

ФП-ГВ2 (ТУ 6-17-515—73) — панхроматическая сверхразрешающая пленка для голографической регистрации изображений по схеме сходящихся пучков в видимой области спектра при длине волны 488, 515, 530, 633 и 694 нм. Записанные на пленку изображения могут восстанавливаться только в лазерном свете. *Применяется:* в медицине, для микрофильмирования и интерферометрии. Выпускается форматными листами 35×50 и 30×35 см и рулонами шириной 35 мм при длине 30 и 50 м и шириной 190 мм при длине 6; 9; 28,5 и 120 м.

ФП-ГВД (ТУ 6-17-866—77) — панхроматическая высокоразрешающая пленка с повышенной дифракционной эффективностью для регистрации монохроматического излучения с длиной волны 633 и 694 нм. *Применяется* для голографической регистрации информации по схеме сходящихся пучков в научно-технических исследованиях. Выпускается форматными листами 35×50 и 30×35 см и рулонами шириной 35 и 190 мм при длине 30 м.

ФП-ГТ (ТУ 6-17-862—77) — панхроматическая сверхразрешающая пленка ($\Delta\lambda_s = 700$ нм) для голографической регистрации изображений по схеме встречных пучков при длине волны монохроматического излучения 633 нм. Записанные на пленку изображения могут рассматриваться в обычном свете. Выпускаются форматными листами 18×24 , 24×24 , 24×30 , 30×40 , 40×50 ; $47,5 \times 50$ см и рулонами шириной 190 мм при длине 28,5; 60; 120 м и шириной 430 мм при длине 28,5; 60; 90; 120 м.

Сенситометрические характеристики

	S , ед. ГОСТ	$\gamma_{рек}$	D_0	η , %*	R , лин/мм
ФП-ГВ2	0,1	3	0,08	10	3000
ФП-ГВД	0,02	3	0,08	20	3000
ФП-ГТ	0,03	—	0,1	20	—

* Дифракционная активность отбеленных голограмм.

ФОТОПЛЕНКИ ДЛЯ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

263. Общие данные и сенситометрические характеристики. Фотопленки предназначены для регистрации в электронно-фотонных каскадах электронов, возникающих при взаимодействии с веществом частиц космического излучения высокой и сверхвысокой энергии.

P-2Т-50, P-2Т-50П (ТУ 6-17-829—79) — триацетатные пленки толщиной 180—200 мкм. Пленка P-2Т-50П пригодна для повторной годичной экспозиции в высокогорных условиях после снятия фона от ионизирующего излучения, накопленного в тех же условиях.

РЛ-50 (ТУ 6-17-1056—79) — лавсановая пленка толщиной 100 мкм.

Сенситометрические характеристики

	S , ед. ГОСТ	$\gamma_{\text{рек}}$	D_0	$D_{\text{макс}}$	Формат, см
P-2Т-50	0,35	4,5	0,04	3	30×40
P-2Т-50П	0,3	4	0,05	3	40×50
РЛ-50	0,3	3,5	0,04	3	47×50

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ И АВТОРАДИОГРАФИЧЕСКИЕ ФОТОПЛЕНКИ

264. Общие данные и сенситометрические характеристики. Фото- пленки предназначены для регистрации заряженных частиц высоких, средних и низких энергий. Выпускаются на триацетатной основе формата- ными листами 9×12 см (ТУ 6-17-940—78).

МК, МН — пленки для регистрации частиц с удельными поте- рями, эквивалентными и большими удельных потерь энергии протонов с энергией 150 МэВ (для МК) и 15 МэВ (для МН).

МР — пленка для регистрации частиц минимальной ионизации

Параметр	МК	МН	МР
Чувствительность:			
число сгустков на 100 мкм пробега в следе реляти- вистской частицы, шт., не менее	—	—	28
число сгустков на 100 мкм пробега в следе протона с энергией 150 МэВ, шт., не более	25	—	—
длина следа протона отдачи, мкм, не менее	—	1000	—
Число зерен вуали в объеме 10^{-9} см ³ , шт.	≤ 3	≤ 3	≤ 3
Средний диаметр непроявленного серебра, мкм	0,2	0,14	0,3
Вырастание числа зерен вуали в течение 6 мес, %, не более	50	50	50

БЕССЕРЕБРЯНЫЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

265. Технические характеристики. Бессеребряные пленки приме- няются в полиграфии, картографии, для производства электронных⁷ пе- чатных плат и микрофильмирования.

«Искра» (ГОСТ 5.1614—72) — электроротаторная пленка пред- назначена для изготовления трафаретных печатных форм посредством электронно-копируемых аппаратов. Представляет собой электро- проводную пленку с гладкой поверхностью черного цвета, прикатан- ную к электропроводящей двухслойной бумаге. В массу пленки вве- дена мелкодисперсная сажа — токопроводящее вещество. Со стороны прикатки пленки к подложке на нее наносится электропроводящий слой.

Разрешающая способность, мм/см	25
Пробивное напряжение, В	450
Тиравеустойчивость, экз.	5000
Удлинение при растяжении, %	75
Прочность на разрыв при растяжении, кН мм ² (кгс/мм ²)	1,5

Размеры форматных пленок «Искра», см: 23×46 , 23×48 , $23 \times 48,5$, 46×46 , 46×49 , $46 \times 53,5$.

КЧ (ТУ 6-17-1084—80) — картографические лавсановые пленки для специальных чертежных целей. Выпускаются трех типов: КЧ-Г—

глянцевая, КЧ-П — полуматовая, КЧ-М — матовая. Выпускаются рулонами шириной 56,5 см при длине 55 м.

ОГС-П (ТУ 6-17-713—75) — лавсановая пленка со съёмным слоем для производства фотооригиналов электронных печатных плат методом гравирования. На одну сторону основы нанесен слой грунта и красный (основной) слой, составляющие эмаль. Оптическая плотность основы 0,2. Оптическая плотность эмали: за красным фильтром — не более 0,3, за зеленым или синим — не менее 2,5. Размеры форматных пленок, см: 40 × 50 и 42 × 61. Рулоны шириной 42 и 52 см при длине 100 м.

СПФ-2 (ТУ 6-17-859—77) — сухой пленочный фоторезист для получения защитных рельефов при изготовлении многослойных и обычных электронных печатных плат. Представляет собой лавсановую основу со светочувствительным слоем из фотополимеризующей композиции. Сверху слоя нанесен защитный слой из полиэтиленовой пленки. Проявляется в органических растворителях.

Выпускается трех типов: *тип 2-20* — для изготовления внутренних слоев многослойных печатных плат; *тип 2-40* — для изготовления наружных слоев многослойных печатных плат позитивным комбинированным методом с предварительной металлизацией отверстий; *тип 2-60* — для защиты металлизированных отверстий при травлении и для наращивания проводников больших толщин.

СПФ-2 выпускается в рулонах шириной 15, 20, 30, 40, 45 и 59 см и длиной: для типа 2-20 — 100 м, для типа 2-40 — 70 м, для типа 2-60 — 55 м.

СПФ-ВЩ (ТУ 6-17-1086—80) сухой пленочный фоторезист с водно-щелочным проявлением для получения проводящего рисунка при изготовлении печатных электронных плат. Представляет собой лавсановую основу со светочувствительным слоем и защитным слоем из полиэтиленовой пленки. Выпускается двух типов: тип 25 — для изготовления печатных плат негативным комбинированным методом и внутренних слоев многослойных печатных плат; тип 50 — для изготовления печатных плат позитивным комбинированным методом с предварительной металлизацией отверстий.

Размеры рулонов — ширина: 15, 20, 30, 40, 45 и 59 см; длина, м: для типа 25 — 100, для типа 50 — 70.

ТЛК (ТУ 6-17-783—76) — диапозитивная лаковая триацетатная пленка с коричневым цветом проявленного изображения: $S = 4,5 \text{ см}^2/(\text{Вт} \cdot \text{с})$; $D_{\text{мин}} = 0,1$; $D_{\text{макс}} = 1,5$. Применение: изготовление промежуточных оригиналов с монтажных полос фотонабора, растровых и штриховых диапозитивов, применяемых для изготовления офсетных форм и форм для глубокой печати в полиграфии методом контактного копирования. Выпускается форматными листами: 24 × 30, 30 × 40 и 50 × 60 см.

ТЛЧ-1, ТЛЧ-2 (ТУ 6-17-770—76) — диапозитивные пленки на триацетатной бесцветной или окрашенной в голубой цвет основе. Выпускаются форматом 10,5 × 14,8 см и в рулонах шириной 16, 35 и 70 мм при длине 30, 50 и 100 м.

ТЛЧ-1 — лаковая пленка с почти черным цветом изображения для получения дубликатов микрофильмов, микрофишей и бинарной информации методом контактного копирования.

ТЛЧ-2 — пленка с черным цветом изображения для получения дубликатов бинарной информации методом контактного копирования с последующим считыванием на ЭВМ.

Сенситометрические характеристики

	S , см ² /(Вт·с)	$\gamma_{\text{рек}}$	$D_{\text{мин}}$	$D_{\text{макс}}$	R , лин/мм
ТЛЧ-1	3,5	1,4	0,1	1,1—1,4	300
ТЛЧ-2	2,5	1,4	0,1	1,6—2,1	300

ФЧ-К-2, ФЧ-П (ТУ 6-17-652—75) — фотопленки чертежные для получения копий штриховых оригиналов контактным (ФЧ-К-2) и проекционным (ФЧ-П) способами. Выполнены на триацетатной основе, на которую с одной стороны нанесен подслои, с другой — подслои и противоореальный противоскручивающий слой. Поверхность эмульсионного и противоскручивающего слоев матирована. Толщина основы: ФЧ-К-2 — 65—79 мкм, ФЧ-П — 80—100 мкм.

Выпускаются в рулонах шириной 22, 31, 43, 62, 86 и 112 см при длине 25 м и форматными листами 22 × 31, 31 × 43, 43 × 62 и 62 × 86 см.

Сенситометрические характеристики

	$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	$\gamma_{\text{рек}}$	D_0	$D_{\text{макс}}$	R , лин/мм	$\Delta\lambda_{S, \text{нм}}$
ФЧ-К-2	0,4	0,3	0,05	2,9	125	570
ФЧ-П	1,8	2,8	0,05	2,9	100	570

Фотокалька со съёмным слоем (ТУ 6-17-929—77). Предназначена для фотонабора штриховых оригиналов. Представляет собой лавсановую основу с двусторонним подслоем. На одну сторону основы наносится съёмный слой, представляющий собой лаковый слой с нанесенным на него противоскручивающим слоем. Съёмный слой отделяется с помощью ножа с части поверхности фотокальки и может быть наклеен в другом месте, с которого снят съёмный слой. Выпускается форматными листами 24 × 30 и 30 × 40 см.

Сенситометрические характеристики

$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	$\gamma_{\text{рек}}$	D_0	$D_{\text{макс}}$	R , лин/мм	$\Delta\lambda_S$, нм
1,2	3,5	0,08	3	90	560—600

ЦПР-1 (ТУ 6-17-943—78) — лавсановая пленка с двусторонним белым пигментно-желатиновым слоем плотностью 0,1 для изготовления многокрасочных пробных изображений. На основу с двух сторон нанесен подслои. Выпускается форматными листами 24 × 30 и 40 × 50 см и рулонами шириной 52 см при длине 70 м.

ЦПР-1 (ТУ 6-17-942—78) — комплект триацетатных окрашенных пленок для изготовления многокрасочных изображений. На одну сторону основы без подслоя нанесен окрашенный светочувствительный пигментно-желатиновый слой. Комплект состоит из четырех пленок: голубой, пурпурной, желтой и черной. Оптическая плотность окрашенных светочувствительных слоев за фильтрами:

голубого за красным — 0,5...0,55; желтого за синим — 0,55...0,6;
пурпурного за зеленым — 0,5...0,55; черного за желтым — 0,45...0,5.

Выпускается форматными листами 24×30 , 40×50 см и рулонами шириной 52 см при длине 70 м.

ЦПР-2 (ТУ 6-17-488.П—79) — комплект триацетатных окрашенных позитивных пленок для изготовления с диапозитивов многокрасочных пробных изображений, применяемых при контроле качества цветовоспроизведения оригиналов путем нанесения на бесцветную триацетатную основу окрашенного негативного желатинового светочувствительного слоя. Комплект состоит из четырех пленок: голубой, пурпурной, желтой и черной. Оптическая плотность окрашенных светочувствительных слоев за фильтрами:

голубого за красным — 0,5...0,59; желтого за синим — 1...1,1;
пурпурного за зеленым — 0,48...0,57; черного за серым — 0,48...0,57.

Выпускается форматными листами 30×40 и рулонами шириной 52 см при длине 70—80 м.

ЧЕРНО-БЕЛЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ НЕГАТИВНЫЕ И ПОЗИТИВНЫЕ КИНОПЛЕНКИ

266. Общие данные. Профессиональные кино пленки предназначены для различного рода киносъемок, печатания кинокопий и оптической записи звука. Выпускаются негативные, позитивные, обрабатываемые, контратипные, гидротипные и фонограммные. Изготавливаются на триацетатной основе толщиной 135—150 мкм.

Черно-белые негативные кино пленки различаются по общей светочувствительности. Уровень проявленности до $\gamma = 0,65$ соответствует фотографической широте и контрасту позитивной кино пленки МЗ-3.

267. Негативные кино пленки НК (ТУ 6-17-799—76): $\Delta\lambda_s = 660...670$ нм. Выпускаются в рулонах шириной 16, 35 и 70 мм при длине 60, 120 и 300 м. Проявитель СТ-5.

Сенситометрические характеристики

	НК-1	НК-2	НК-3	НК-4
$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	32	90	250	500
$g_{рек}$	0,62	0,62	0,62	0,62
L	1,5	1,5	1,5	1,5
R , лин/мм	120	110	90	75
D_0	0,06	0,1	0,12	0,2
$T_v = 30$ мм ⁻¹	0,75	0,75	0,65	0,55
$t_{пр}$, мин	6—11	6—10	6—11	9—14
$D_{макс}$	2	2	2	2
$G_D \cdot 1000$	29	33	48	65
$t_{пл}$, °C*	50	50	50	50

* Температура плавления фотослоя.

268. Негативная кино пленка МЗ-2 (ТУ 6-17-376—79) — изопанхроматическая особомелкозернистая с повышенными противоореольными свойствами для специальных съемок. Выпускается в рулонах шириной 16 и 35 мм при длине 10; 12,5; 30 и 60 м. Проявитель СТ-5.

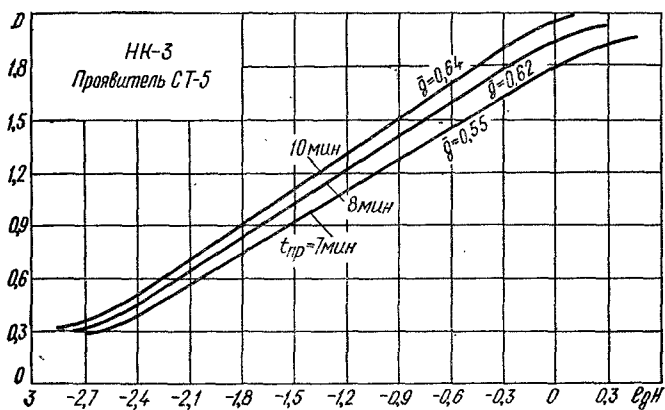
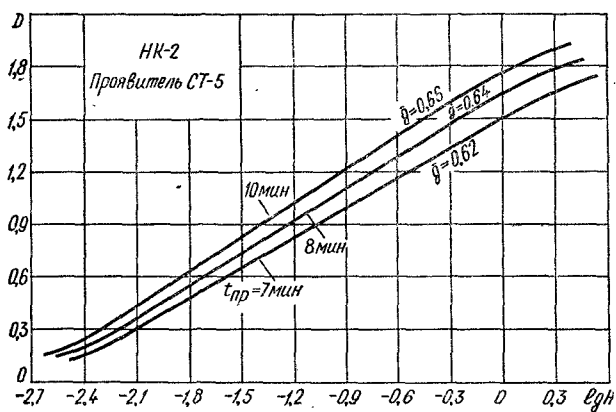
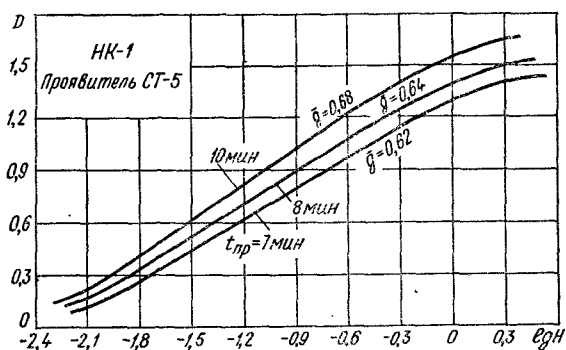


Рис. 186. Характеристические кривые киноплёнок НК для проявителя СТ-5

Сенситометрические характеристики

$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	$\gamma_{рек}$	D_0	R , лин/мм	$\Delta\lambda_S$, нм
65	1,3	0,17	1000	660—680

269. **Негативная киноплёнка «Киноинфра»** (ТУ 6-17-488—79) — инфрахроматическая для специальных съёмок в ИК лучах. При общих съёмках с красным светофильтром голубое небо на позитиве пере-

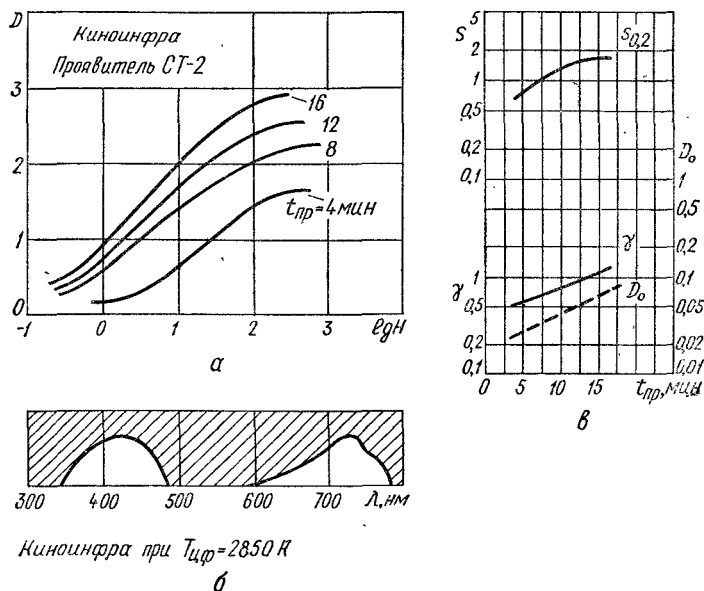


Рис. 187. Кривые характеристические (а), цветочувствительности (б) и график кинетики проявления киноплёнки «Киноинфра» (в)

дается черным тоном, зеленые покровы (листья, трава) — белым (ночной эффект при съёмке днем). Выпускается в рулонах шириной 35 и 70 мм при длине 120 и 300 м. Проявитель СТ-5.

Сенситометрические характеристики

S^K , ед. ГОСТ	$\gamma_{рек}$	R , лин/мм	$t_{пр}$, мин	$\Delta\lambda_S$, нм
2,8	1,2	73	8—13	780

270. **Негативная киноплёнка ВЧ (КН-4)** (ТУ 6-17-498—80), $\Delta\lambda_S = 700$ нм. Выпускается в рулонах шириной 35 мм при длине 60, 120 и 300 м.

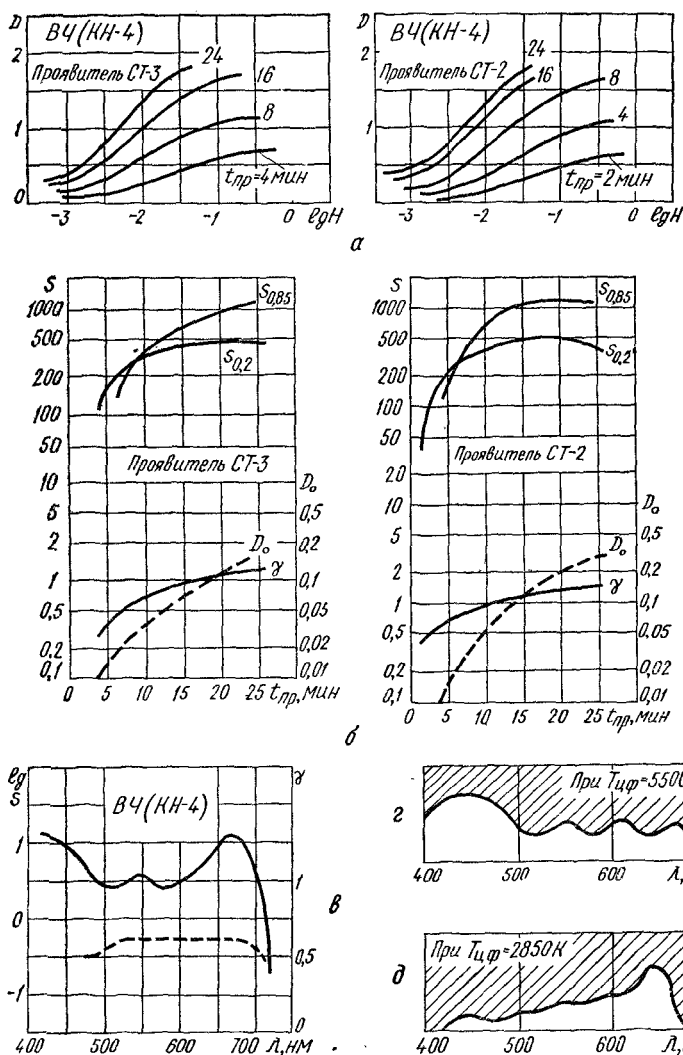


Рис. 188. Кривые киноплёнки ВЧ (КН-4):

а — характеристические; б — графика кинетики проявления; в — спектральной чувствительности и монохроматического коэффициента контрастности; г — цветочувствительности при белом свете; д — цветочувствительности при свете ламп накаливания

Сенситометрические характеристики для стандартных проявителей

	СТ-2	СТ-3	СТ-5
$t_{пр}$, мин	10	15	—
$\gamma_{рек}$	1	1	—
$g_{рек}$	—	—	0,62
$S_{0,2}$, ед. ГОСТ	350	350	—
$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	—	—	350
L	1,2	1	—
D_0	0,18	0,18	0,18
R , лин/мм	110	110	82
L_R	0,8	1	—
D_R	0,8	0,8	—
$\gamma_{макс}$	1,4	1,2	—
$D_{макс}$	1,7	1,6	—

271. **Негативная кинопленка А-2** (ТУ 6-17-376—79) — изопанхроматическая высокочувствительная для съемок при низкой освещенности. Проявитель СТ-2, СТ-5.

Сенситометрические характеристики

$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	$\gamma_{рек}$	D_0	L	R , лин/мм	$\Delta\lambda_S$, нм
350	1	0,1	1,5	75	680

272. **Негативные киноплёнки КН** (ТУ 6-17-455—79). $\Delta\lambda_S = 650$ нм. Проявители СТ-2, СТ-3, СТ-5.

Сенситометрические характеристики

	КН-1			КН-2			КН-3		
	СТ-2	СТ-3	СТ-5	СТ-2	СТ-3	СТ-5	СТ-2	СТ-3	СТ-5
$t_{пр}$, мин	6	5	6	5	8	6	5	8	7
$\gamma_{рек}$	0,65	0,65	—	0,65	0,65	—	0,65	0,65	—
$g_{рек}$	—	—	0,62	—	—	0,62	—	—	0,62
S , ед. ГОСТ	16	11	11	32	32	32	90	90	90
L	3	1,5	1,5	2,4	3	1,5	1,5	2,1	1,5
D_0	0,1	0,1	0,1	0,12	0,12	0,12	0,15	0,15	0,15

273. **Позитивная кинопленка МЗ-3** (ТУ 6-17-647—80) — несенсибилизированная, предназначена для массовой и текущей печати кинокопий с черно-белых негативов и контратипов. Обеспечивает нейтрально-серый тон с глубокими тенями и обладает хорошей резкостью и мелкозернистостью. Выпускается рулонами шириной 16, 16 (2 × 8), 32 (4 × 8), 35, 35 (4 × 8 Супер) мм при длине 300 м. Пленка шириной 70 мм выпускается в рулонах длиной 375 м.

Позитивная киноплёнка МЗ-3М 16-мм (ТУ 6-17-891—77) — несенсибилизированная, предназначена для печати кинокопий с совмещённой магнитной фонограммой. Выпускается рулонами длиной 120 и 240 м. Проявитель СТ-4, СТ-6.

Сенситометрические характеристики

S , ед. ГОСТ	$\lambda_{\text{рек}}$	$\Delta \lg H R$, лин/мм	D_0	$\lambda_{\text{макс}}$	$D_{\text{макс}}$	$t_{\text{пл}}$, °С*
2,8—5,5	3	0,9	108	0,04	3,1	50

*Температура деформации эмульсионного слоя.

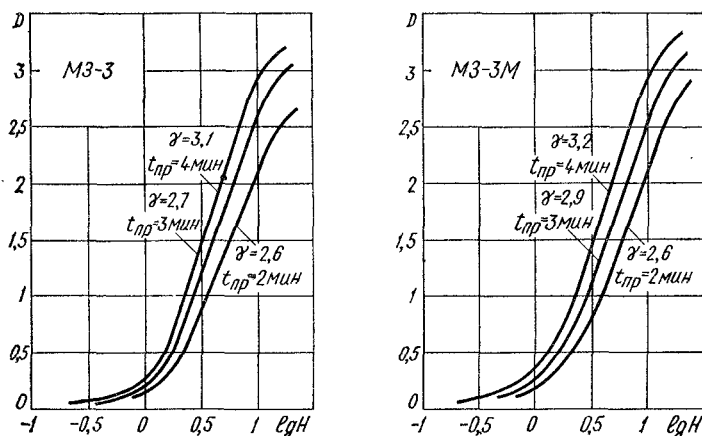


Рис. 189. Характеристические кривые профессиональных киноплёнок МЗ-3 и МЗ-3М

ОБРАЩАЕМЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ 16-мм КИНОПЛЁНКИ

274. Общие данные и сенситометрические характеристики. Обращаемые киноплёнки — панхроматические, выпускаются для телевидения и предназначены для передачи изображения на телевизионную электронно-лучевую трубку. Для съёмки выпускаются плёнки: ОЧ-Т-45 (ТУ 6-17-1079—80), ОЧ-Т-45М (с магнитной дорожкой, ТУ 6-17-695—77), ОЧ-Т-180 (ТУ 6-17-651—75), обрабатываемые до пониженного контраста. Для печати копий с обращённых позитивов-уникатов (позитивов-оригиналов) предназначена низкочувствительная плёнка ОЧ-Т-Н (ТУ 6-17-732—78).

Заниженный контраст съёмочных обращаемых телевизионных киноплёнок способствует увеличению фотографической широты, что важно для съёмки по общей и внутрикадровой экспозиции; создаёт условия, близкие к работе с негативными киноплёнками; обеспечивает наилучшее градиционное воспроизведение тонов при печати фильмокопий. При воспроизведении изображения на телевизионный экран контраст повышается специальными телевизионными радиотехническими средствами. Для проекции обращённого изображения непосредственно на обычный белый экран плёнки обрабатываются до повышенного контраста.

Сенситометрические характеристики

	ОЧ-Т-45	ОЧ-Т-45М	ОЧ-Т-180	ОЧ-Т-Н
$S_{обр}$, ед. ГОСТ	45	45	180	0,8
$\gamma_{обр}$	1,1—1,4	1,1—1,4	1,2—1,5	1—1,2
$D_{мин}$	0,07	0,08	0,1	0,06
$D_{макс}$	2	1,9	1,9	2
$L_{обр}$	1,05	1	0,9	1,05
$R_{обр}$, лин, мм	90	82	85	90
$\Delta\lambda_S$, нм	650	690—720	650	520—560
$t_{пл}$, °C*	60	70	45	40

* Температура деформации эмульсионного слоя.

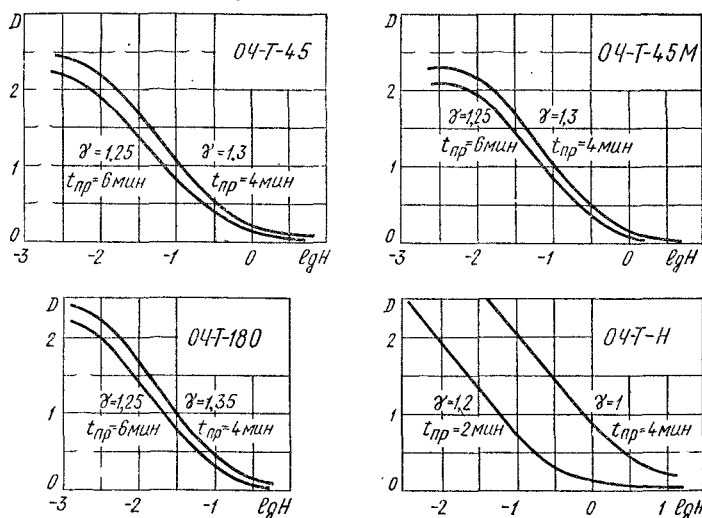


Рис. 190. Характеристические кривые профессиональных обрабатываемых киноплёнок для телевидения ОЧ-Т-45, ОЧ-Т-45М, ОЧ-Т-180 и ОЧ-Т-Н

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КИНОПЛЕНКИ ДЛЯ КОНТРАТИПИРОВАНИЯ

275. Общие данные и сенситометрические характеристики. Производство кинофильмов заключается в изготовлении с исходного (первого) негатива промежуточного позитива, с которого печатаются повторные негативы — дубль-негативы (контратипы), предназначенные для тиражирования фильмокопий.

Дубль-позитивная 35-мм киноплёнка А-2 предназначена для изготовления черно-белых промежуточных позитивов с черно-белых и цветных негативов. Дубль-негативная плёнка А-2 предназначена для изготовления контратипов с промежуточных позитивов; выпускается шириной 35, 32 (2 × 16), 32 (4 × 8) и 16 мм.

Дубль-позитивная А-2 Дубль-негативная А-2

S, ед. ГОСТ	1,5—1,3	0,6—1
$\gamma_{\text{рек}}$	1,4	0,65
$\Delta \lg H$	1,05	1,8
R, лин./мм	215	180
$\Delta \lambda_s$, нм	560—580	600

**ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ОБРАЩАЕМЫЕ
16-мм КИНОПЛЕНКИ ТИПА ОЧ**

276. Общие данные. Киноплёнки ОЧ-45 и ОЧ-180 (ГОСТ 20945 — 80) выпускаются для любительских 8-мм и 16-мм кинокамер.

Ширина плёнки, мм	Перфорация	Длина рулона, м
8-мм одинарная	Обычная	10,3
2×8 двойная	»	10,1
8-мм одинарная	Супер	10,1
16-мм одинарная	Двусторонняя	17,6; 32,6; 62,5

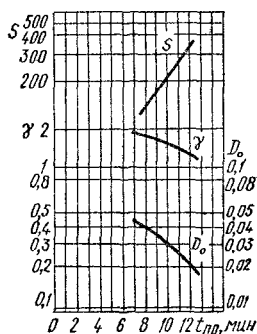
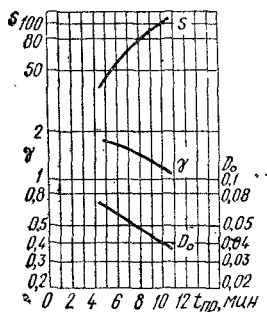
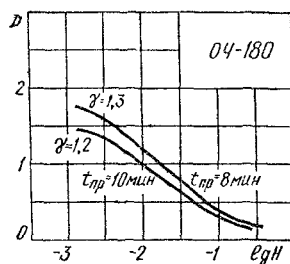
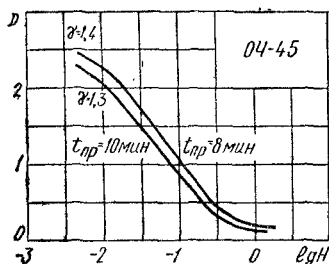


Рис. 191. Характеристические кривые обрацаемых любительских киноплёнок ОЧ-45 и ОЧ-180

Сенситометрические характеристики

	ОЧ-45, ОЧ-45Л	ОЧ-180
S , ед. ГОСТ	45	180
$\gamma_{\text{рек}}$	1,1—1,6	1,2—1,6
$D_{\text{мин}}$	0,06	0,08
$D_{\text{макс}}$	1,9	1,8
R , лин/мм	85	78
$\Delta\lambda_S$, нм	560	660—700

КИНОПЛЕНКИ ФОНОГРАММНЫЕ

277. Киноплёнка звуковая ЗТ-8 (ТУ 6-17-842—78) предназначена для записи звука и изготовления фотографических фонограмм переменной ширины при озвучивании кинофильмов. Выпускается рулонами шириной 35 и 16 мм (2×16), длиной 300 м.

Сенситометрические характеристики

$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	$\gamma_{\text{рек}}$	$t_{\text{пр}}, \text{мин}$	D_0	$D_{\text{макс}}^*$	R , лин/мм	$\Delta\lambda_S^{**}$
16—32	3,6	3,5/5	0,05	3,5	240	570

* Соответствует концу прямолинейного участка характеристической кривой.
 ** Максимум сенсibilизации в пределах 550—560 нм.

КИНОПЛЕНКИ ДЛЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

278. Общие данные. Киноплёнки применяются в области инфракрасного излучения при спектроскопическом анализе газов, жидкостей и твердых тел, для регистрации лазерного излучения и тепловых полей, в атомном эмиссионном анализе, в фототелеграфии, в рентгенодиагностических работах по криминалистике.

279. Инфрахроматические киноплёнки 35-мм* предназначены для съёмки в диапазоне длин волн от 600 до 980 нм в зависимости от типа. Выпускаются перфорированные

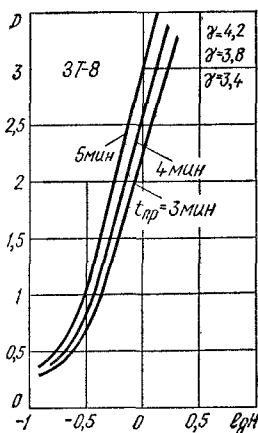
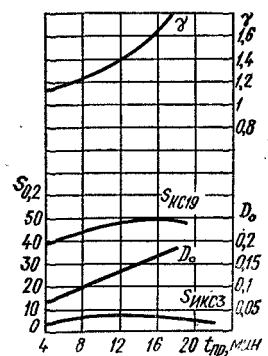
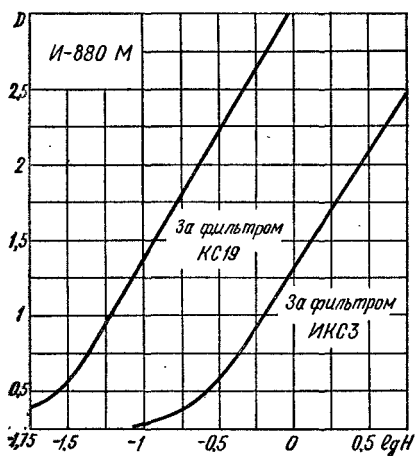
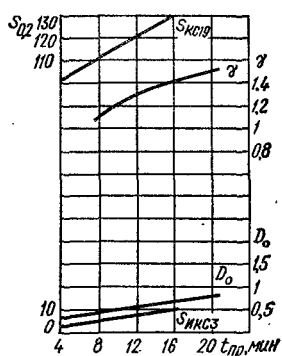
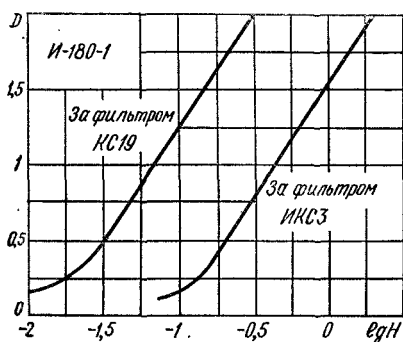
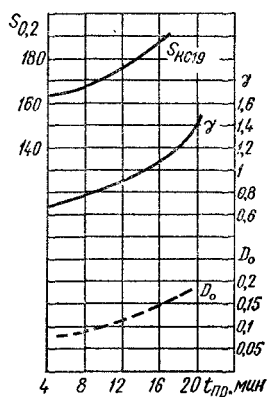
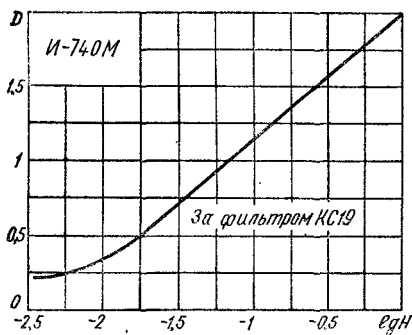


Рис. 192. Характеристические кривые профессиональных фонограммных киноплёнок ЗТ-8

на триацетатной основе толщиной 135—150 мкм: И-740М (ТУ 6-17-810—76); И-880М, И-920М (ТУ 6-17-682—80); И-880-1 (ТУ 6-17-618—79). Плёнка И-650-950 (ТУ 6-17-1069—79) неперфорированная, выпускается на лавсановой основе толщиной 55—68 мкм.



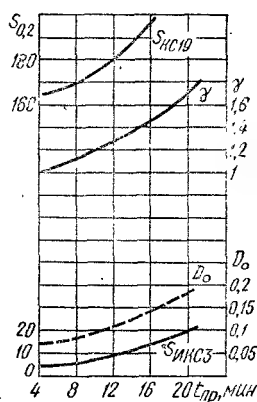
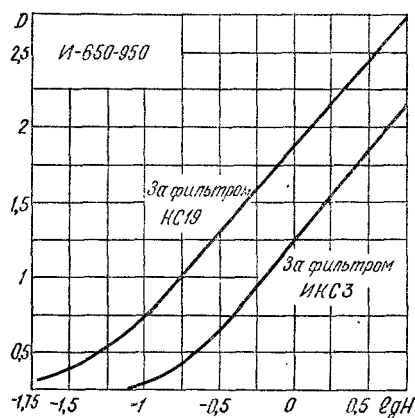
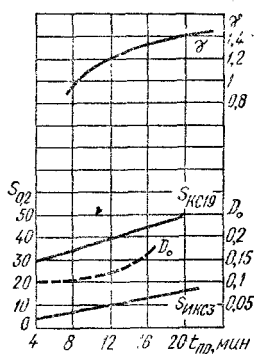
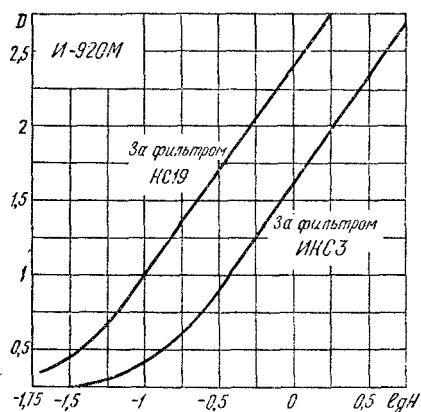


Рис. 193. Характеристические кривые и графики кинетики проявления ИК киноплёнок

Сенситометрические характеристики и размеры

	$S_{0,2}^*$, ед. ГОСТ	D_0	$\gamma_{рек}$	L	R , лин/мм	$\Delta\lambda_s^{**}$, нм
И-740М***	140	0,15	1,2	1,2	100	600—800
И-880М	45	0,15	1,5	0,9	85	750—920
И-880-1	100	0,15	1,3	1,2	70	660—780 790—920
И-920М	22	0,15	1,5	0,9	85	790—980
И-650-950	100	0,15	1,5	1,2	90	650—950

* При экспонировании за красным фильтром КС-19.

** Рабочий диапазон длин волн.

*** Плёнка И-740М — шириной 16 и 35 мм.

280. Кинопленка для осциллографа (ТУ 6-17-606—74) — изопанхроматическая, для записи показаний осциллографа. Выпускается неперфорированной на триацетатной основе толщиной 135—150 мкм, в рулонах шириной 120 мм и длиной 10 и 20 м.

Сенситометрические характеристики

$S_{0,85}$	D_0	$\gamma_{\text{рек}}$	$D_{\text{макс}}$	L	R , лин/мм
900	0,17	1,7—2,1	2,5	0,9	85

ФОТОПЛАСТИНКИ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Применяются для разнообразных фотосъемок, репродукции, получения позитивных изображений, рассматриваемых в проходящем свете или при проецировании на экран. Выпускаются с различной сенситивностью $\Delta\lambda_S$: несенсибилизированными — до 500 нм, изортохроматическими — до 580—600 нм, изохроматическими — до 610—650 нм, панхроматическими — до 660—700 нм и изопанхроматическими — до 660—680 нм.

Степень сенситивности фотопластинок отмечается на упаковке цветом: синим — несенсибилизированные пластинки, красным — изортохроматические, малиновым — изохроматические, зеленым — панхроматические. Желтым цветом отмечаются диапозитивные фотопластины.

281. Негативные фотопластины «Фото-65», «Фото-90», «Фото-130», «Фото-180», «Фото-250» (ОСТ 6-17-435—77) предназначены для портретной, пейзажной, архитектурной, предметной и других видов съемки в любительской и профессиональной фотографин. Выпускаются *мягкими, нормальными и контрастными*. Время проявления 4—8 мин в проявителе СТ-1.

Изопанхроматические пластинки обрабатываются в полной темноте, изортохроматические — при свете с темно-красным фильтром № 107, изохроматические и панхроматические — с темно-зеленым фильтром № 170.

Размеры: 6 × 9, 9 × 12, 10 × 15, 13 × 18, 18 × 24, 24 × 30, 30 × 40 и 50 × 60 см.

Сенситометрические характеристики

«Фото-65» «Фото-90» «Фото-130» «Фото-180» «Фото-250»

Общие для всех типов

$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	65	90	130	180	250
$\gamma_{\text{рек}}$, мягких	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
нормальных	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
контрастных	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
L ,	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9
R , мин/мм . .	75	70	70	70	60
$D_{\text{макс}}$	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65

Изортохроматические пластинки

$S_{\text{эф}}$ за фильтром					
ЖС-18, ед. ГОСТ	11	16	22	22	45
D_0	0,1	0,11	0,12	0,14	0,18

Изохроматические пластинки

$S_{эф}$ за фильтром					
ЖС-18, ед. ГОСТ	11	16	22	32	45
D_0	0,11	0,12	0,13	0,16	0,19

Панхроматические пластинки

$S_{эф}$ за фильтром					
КС-14, ед. ГОСТ	2,8	4	5,5	8	11
D_0	0,11	0,12	0,13	0,18	0,2

Изопанхроматические пластинки

$S_{эф}$ за фильтром:					
ЖС-18	16	22	32	45	65
КС-14	2,8	4	5,5	8	11
D_0	0,11	0,12	0,13	0,18	0,2

282. Репродукционные фотопластинки (ОСТ 6-17-435—77).

РН-Н — полутонные нормальные для изготовления полутонных черно-белых и цветных оригиналов.

РП-К — полутонные контрастные для изготовления оригиналов с постепенным переходом от теней к свету в изображении.

РШ-ОК — штриховые особоконтрастные для изготовления черно-белых и цветных оригиналов.

РШ-СК — штриховые сверхконтрастные для изготовления оригиналов со штрихами, точками и линиями.

Обработка 4—8 мин в проявителе СТ-1 при свете за темно-красным фильтром № 107. Размеры: 9 × 12, 13 × 18, 18 × 24, 24 × 30 см.

Сенситометрические характеристики

	РН-Н	РП-К	РШ-ОК	РШ-СК
$S_{0,1}$, ед. ГОСТ . . .	8—16	8—16	5,5—11	5,5—11
$\gamma_{рек}$	1,3	1,7	3	4
D_0	0,09	0,09	0,1	0,1
R , лин/мм	80	80	120	120
$\gamma_{макс}$	1,6	2	3,5	4,5
$D_{макс}$	2,5	2,8	3	3

283. Диапозитивные фотопластинки (ОСТ 6-17-435—77).

ДП-ОК — особоконтрастные для получения позитивных черно-белых изображений, проецируемых на экран или просматриваемых в проходящем свете.

ДП-СК — сверхконтрастные для изготовления витражей и шкал к термометрам.

Время проявления пластинок 3—6 мин в проявителе СТ-1 при свете за темно-красным фильтром № 107. Размеры: 9 × 12, 13 × 18, 18 × 24, 24 × 30, 30 × 40 и 50 × 60 см.

Сенситометрические характеристики

	ДП-ОК	ДП-СК
$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	1,4—4	1,4—4
$\gamma_{\text{рек}}$	2,5	3
D_0	0,07	0,07
R , лин/мм	80	75
$D_{\text{макс}}$	1,7	1,7

ФОТОПЛАСТИНКИ ДЛЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

284. Негативные фотопластины «Микро» (ТУ 6-17-975—78) для микрофотографирования на микроустановках. Сенситизация изортохроматическая с максимумом на волне 560 нм. Размеры: 6 × 9, 9 × 12, 13 × 18 и 18 × 24 см. Время проявления 4—8 мин.

Сенситометрические характеристики

	«Микро-Фо- то-22»	«Микро-Фо- то-32»	«Микро-Фо- то-45»	«Микро-Фо- то-65»
$\gamma_{\text{рек}}^*$	2,8	2,8	2,8	2,8
$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	22	32	45	65
$S_{\text{эф}}^{\text{ж}}$, ед. ГОСТ**	4	5,5	8	11
D_0^{***}	0,11	0,12	0,12	0,13
R , лин/мм	80	80	70	65

* $\gamma_{\text{макс}} = 5$.

** За желтым фильтром ЖС-18.

*** $D_{\text{макс}} = 2,8$.

285. Репродукционные фотопластины (ТУ 6-17-795—76) различаются полутонные (нормальные и контрастные) и штриховые (особо-контрастные, сверхконтрастные и высшей контрастности). Зона оптической сенситизации: для изортохроматических пластинок 420—580 нм, панхроматических 420—660 нм. Размеры: 9 × 12, 13 × 18, 18 × 24, 24 × 30, 30 × 40, 40 × 60 см. Время проявления 4—8 мин.

Сенситометрические характеристики

	Полутонные		Штриховые		
	нормаль- ные	контраст- ные	особо- контрастные	сверх- контрастные	высоко- контрастные
$\gamma_{\text{рек}}$	1,3	1,7	3	4	4,5
S , ед. ГОСТ	8—16	8—16	5,5—11	5,5—11	5,5—11
D_0	0,1	0,1	0,09	0,09	0,12
R , лин/мм	80	80	120	120	120
$\gamma_{\text{макс}}$	1,6	2	3,5	4,5	5
$D_{\text{макс}}$	2,5	2,8	3	3	3

286. Диапозитивные фотопластины (ТУ 6-17-807—76) для изготовления витражей, шкал к термометрам и позитивных изображений с проекцией на экран или рассматривания в проходящем свете. Размеры: 6 × 9, 9 × 12, 13 × 18, 18 × 18, 18 × 24, 24 × 30, 30 × 40 и 50 × 60 см.

Сенситометрические характеристики

	Контрастные	Особо-контрастные	Сверх-контрастные
$\gamma_{\text{рек}}$	1,5	2,5	3
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	0,7—2,8	1,4—4	1,4—4
D_0	0,06	0,06	0,06
R , лин/мм	100	80	80
$D_{\text{макс}}$	1	1,7	1,7

287. Фотопластинки высокоразрешающие и типа «Микрат»

Высокоразрешающие пластинки для высокоточных работ

ВРП-2, ВРП-3 (ТУ 6-17-927—77) — для прецизионных фотошаблонов микроэлектроники, $\lambda_{S_{\text{макс}}} = 520...530$ нм. Возможно получение как негативного, так и позитивного изображения. Количество микродефектов на 1 см^2 размером $1,5 \text{ мкм}$: для ВРП-2 — не более 2, для ВРП-3 — не более 3. Регрессия скрытого изображения: для ВРП-2 — не менее 16 ч, для ВРП-3 — не менее 8 ч. Размеры: 5×5 ; $6,3 \times 6,3$; $7,6 \times 7,6$; $10,2 \times 10,2$; $10,2 \times 12,7$; $12,7 \times 12,7$ см.

ВРЭ (ТУ 6-17-841—76) — изохрохроматические, для прецизионных фотошаблонов, $\lambda_{S_{\text{макс}}} = 580$ нм. Размеры: 9×12 , 13×18 , 18×24 , 24×30 , 30×40 , 50×60 см.

ФПР (ТУ 6-17-1053—79) — пластинки для научных целей. $\lambda_{S_{\text{макс}}} = 520...530$ нм. Размеры: 5×5 ; $6,3 \times 6,3$; $7,6 \times 7,6$; 9×12 ; $10,2 \times 10,2$; $10,2 \times 12,7$; $12,7 \times 12,7$; $28 \times 40,6$ см.

Сенситометрические характеристики

	ВРП-2	ВРП-3	ВРЭ	ФПР
$\gamma_{\text{рек}}$	5	5	5	5
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	—	—	0,1	—
$S_{0,85}$, ед. ГОСТ	0,014—0,028	0,014—0,028	—	0,015
D_0	0,02	0,02	0,08	0,02
R , лин/мм	1700	1700	1000	1700
$D_{\text{макс}}$	3	3	3	3

Фотопластинки типа «Микрат»

«Микрат ЛОИ-2» (ТУ 6-17-800—76) — панхроматические для точных работ и голографии, $\lambda_{S_{\text{макс}}} = 694 \pm 2$ нм. Размеры: 9×12 , 13×18 , 18×24 , 24×30 , 30×40 см.

«Микрат НК» (ТУ 6-17-642—74) — для фотографических растров, прецизионных фотошаблонов многослойных электронных печатных плат. Выпускаются с противоореальным слоем и без него, $\lambda_{S_{\text{макс}}} = 540...550$ нм. Размеры: 9×12 , 13×18 , 18×24 , 24×30 и 30×40 см.

«Микрат СК» (ТУ 6-17-1095—80) — для всех видов точных работ. Выпускаются с противоореальным слоем и без него, $\lambda_{S_{\text{макс}}} = 540...550$ нм. Размеры: 9×12 , 13×18 , 18×24 , 24×30 и 30×40 см.

Сенситометрические характеристики

	«Микрат НК»*	«Микрат НК»**	«Микрат СК»*	«Микрат СК»**	«Микрат ЛОИ-2»
$\gamma_{\text{рек}}$	9	7,5	5	3	3,5
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	—	—	4—5,5	2,8—4	0,003
$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	0,7—1,4	0,5—1	—	—	—
D_0	0,07	0,08	0,09	0,09	0,1
R , лин/мм	350	350	200	220	500
$D_{\text{макс}}$	3	3	3	3	3

* Без противоореального слоя.

** С противоореальным слоем.

Фотопластинки для голографии

ВРЛ (ТУ 6-17-801—76), **ВРЛ-2** (ТУ 6-17-864—77), **ВРЛ-3** (ТУ 6-17-933—77) — для голографии. Размеры: 9×12 , 13×18 , 18×24 , 24×30 и 30×40 см.

ВРМ (ТУ 6-17-640—74) — для голографии с восстановлением изображения в некогерентном свете. Размеры: 9×12 , 13×18 , 18×24 см.

Сенситометрические характеристики

	ВРЛ	ВРЛ-2	ВРЛ-3	ВРМ
$\gamma_{\text{рек}}$	5	5	5	5
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	0,01	—	—	—
$S_{\text{обр}}$, ед, эрг/см ²	—	1000	1000	$1,4 \cdot 10^{-3}$
D_0	0,08	0,05	0,05	0,08
R , лин/мм	1000	—	—	—
$D_{\text{макс}}$	3	3	3	3

ПЭ-2 (ТУ 6-17-959—78), **ПЭ-4** (ТУ 6-17-1120—78) — особомелкозернистые пластинки для регистрации голографического изображения во встречных пучках и особо точных работ. Размеры: ПЭ-2 — 9×12 ; $28 \times 40,6$; ПЭ-4 — 9×12 , 13×18 , 18×24 , 24×30 см.

Параметр

ПЭ-2

ПЭ-4

Энергетическая светочувствительность (экспозиция, необходимая для получения оптической плотности $D = 0,5 + D_0$ при записи голограмм с излучением на волне 633 нм), эрг/см ²	—	3000
Экспозиционная чувствительность при голографировании гелий-неоновым лазером на волне 633 нм, эрг/см ²	50 000	—
Дифракционная эффективность:		
при записи голограмм в сходящихся пучках с пространственной частотой 1000 лин/мм после отбеливания, %	—	50
при экспонировании во встречных пучках, %	20	—
фазовых голограмм при частоте 1000 мм ⁻¹ , %	40	—
Пространственный спектр рассеяния при частоте 1000 лин/мм, мм ²	—	10^{-5}

288. **Ультрафиолетовые пластинки.** СП-1, СП-2, СП-3, СП-ЭС (ТУ 6-17-704—75), УФС-3 (ТУ 6-17-545—78) — для фотографирования спектров в спектрографе при эмиссионном спектральном анализе. Размеры: УФС-3 — 9×12 и 13×18 см, остальных — 9×12 , 9×18 , 9×24 , 13×18 и 18×24 см.

СП-1 — для массового спектрального анализа и промышленного экспресс-анализа чугуна, стали и других сплавов.

СП-2 — для спектроскопии при массовом качественном и количественном анализе сплавов, а также для определения примесей никеля, цинка, алюминия и меди при необходимости коротких экспозиций. Могут быть применены для определения малых концентраций газов в металлах.

СП-3 — для спектрографических аналитических работ в зоне коротких УФ лучей и во всей УФ области спектра для получения аналитических линий углерода, фосфора, мышьяка, олова.

СП-ЭС — для качественных и количественных спектральных анализов малых примесей сурьмы, висмута, кадмия, а также для экспресс-анализа чугуна, стали и других сплавов.

УФС-3 (с широкой зоной спектральной чувствительности) — для спектрального анализа в зоне глубокого кварцевого УФ излучения в пределах длины волны 250 нм.

Сенситометрические характеристики

	СП-1	СП-2	СП-3	СП-ЭС	УФС-3
$\gamma_{\text{рек}}$	1,1	1,2	1,1	1,1	1,3
S , отн. ед.	3—6	15—20	4,5—9	6—10	16
D_0	0,6	0,12	0,1	0,1	0,1
R , лин/мм	90	80	75	90	85
$\Delta\lambda_S^*$, нм :	250—400	250—400	200—400	250—400	230—400

* Область спектральной чувствительности.

289. **Инфракрасные фотопластинки** применяются в спектроскопии, медицине, биологии, криминалистике, астрономии. Цифры в обозначении указывают длину волны с максимумом спектральной ИК чувствительности в нанометрах. Размеры: 9×12 , 13×18 , 18×24 , 24×30 и 30×40 см.

Коротковолновые ИК пластинки

«Панинфра» «Инфра-740А» «Инфра-780А»

Зона оптической сенсibilизации, нм	650—720	660—780	670—820
Максимум сенсibilизации, нм	720	740	780
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	130	130	90

Сенситометрические характеристики

$t_{\text{пр}}$, мин	$\gamma_{\text{рек}}$	D_0	L	R , лин/мм*	$D_{\text{макс}}$
12—16	1,4—2	0,2	0,9	70	2,5

* Без фильтра и с фильтром КС-14.

Длинноволновые ИК пластинки

«Инфра-840А» «Инфра-880А» «Инфра-920А»

Зона оптической сенсibiliзации, нм	730—880	790—920	790—980
Максимум сенсibiliзации; нм	840	880	920
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	65	45	5,5
Разрешающая способность:			
без фильтра, лин/мм . . .	70	70	70
с фильтром КС-14, лин/мм	64	59	59

Сенситометрические характеристики

$t_{пр}$, мин	$\gamma_{рек}$	D_0	L	$D_{макс}$
12—16	1,4—2	0,2	0,9	2,5

290. Электронографические фотопластинки (ТУ 6-17-703—80) — несенсибилизированные, применяются при работе с электронными микроскопами для прямой регистрации электронных лучей. Размеры: 6×9 ; $6,5 \times 9$; 9×12 и 13×18 см.

Сенситометрические характеристики

$S_{0,1}$, ед. ГОСТ	$\gamma_{рек}$	$t_{пр}$, мин	D_0	R , лин/мм	$D_{макс}$
32—65	3	4—8	0,15	70	3

291. Фотопластинки для ядерных исследований А-2, К, МА, МК, МР, Р, Я-2 (ТУ 6-17-778—76), РК (ТУ 6-17-1059—80). Средний диаметр проявленных зерен 0,4—0,45 мкм.

А-2 — геологическая, для регистрации частиц с энергией до 20 МэВ. Размер 9×12 см.

К — космическая, для регистрации протонов с энергией до 150 МэВ. Размер 9×12 см.

МА, МК, МР — микроавторадиографические, для микроавторадиографии и электронной микроскопии. Размеры: 6×9 , 9×12 , 13×18 см.

РК — ядерная, для электронной микроскопии высокого разрешения. Размеры: 6×9 , 9×12 и 13×18 см.

Р — релятивистская, для регистрации однозарядных релятивистских частиц. Размер 9×12 см.

Я-2 — ядерная, для регистрации протонов с энергией до 50 МэВ. Размер 9×12 см.

Параметры фотопластинок

	А-2, К, МА, МК, Р, Я-2	МР	РК
Плотность зерен в следе:			
количество релятивистских частиц на 100 мкм пробега	30*	—	—
количество α частиц на 10 мкм пробега	17**	—	—
Плотность вуали D_0	—	0,1	0,15
Число зерен вуали в объеме 10^{-9} см ³ сухого обработанного слоя	3***	—	—
Количество агрегатов в объеме 10^{-7} см ³ сухого обработанного слоя	1,5	—	—

* Для фотопластинок типа Р.

** Кроме фотопластинок типа Р.

*** Для фотопластинок типа Р число зерен вуали 2,5.

292. Фототеодолитные пластинки (ТУ 6-17-538—78) — ортохроматические мелкозернистые для съемок строительных и других объектов, при изготовлении географических карт. Различаются нормальные и контрастные. Имеют противоореольный слой. Максимум сенсibilизации на волне 560 нм. Размеры: 13 × 18 и 18 × 24 см.

Сенситометрические характеристики

	Нормальные	Контрастные
$\gamma_{\text{рек}}$	1,6	2,5
$S_{0,9}$, ед. ГОСТ	8—16	5,5—11
$t_{\text{пр}}$, мин		4—8
D_0	0,12	0,12
R , мин/мм		90
$\gamma_{\text{макс}}$	2	3
$D_{\text{макс}}$	2,8	3

ЧЕРНО-БЕЛЫЕ ФОТОБУМАГИ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

293. Классификация, размеры и режим обработки. Стандарты: фотобумага Унибром (ГОСТ 10752—79), Бромпортрет, Йодоконт, Контабром, Новобром, Фотобром, Фотоконт (ТУ 6-17-660—75).

Обычные фотобумаги выпускают с защитным слоем (глянцевые) или без него (матовые, матированные). Бумаги с улучшенными физическими свойствами выпускают на подложке с двусторонним полиэтиленовым покрытием. Полиэтиленированные бумаги обладают минимальной линейной деформацией, хорошей плоскостностью и высоким глянцем. Сенситометрические показатели таких бумаг соответствуют: фотобумага Березка — фотобумаге Унибром, Самшит — Бромпортрету, Снежинка — Новоброму.

Тип фотэмульсии — бромосеребряная (Унибром, Фотобром), хлоробромосеребряная (Бромпортрет, Новобром, Контабром), хлоросеребряная (Фотоконт), йодохлоросеребряная (Йодоконт).

Контрастность (полезный интервал экспозиций) — мягкая, полумягкая, нормальная, контрастная, особоконтрастная.

Структура поверхности — гладкая, бархатистая, тисненая (под шелк — А, под полотно — Б, под вельвет — В).

Характер поверхности — глянцевая, полуматовая, матовая.

Толщина подложки (масса фотобумаги): тонкая — 135 г/м², полукarton — 190 г/м², картон — 220 и 235 г/м².

Цвет подложки — белая и окрашенная (цвет основы белый, кремовый, палевый).

Размеры листовой форматной бумаги: основные — для всех бумаг — 6 × 9, 9 × 12, 9 × 14, 10 × 15, 13 × 18, 18 × 24, 24 × 30 и 30 × 40 см; дополнительные — для бумаг Унибром и Фотобром — 40 × 50, 50 × 50 и 50 × 60 см; Новобром и Бромпортрет — 40 × 50 и 50 × 60 см; фотобумаги Йодоконт, Контабром и Фотоконт дополнительных размеров не имеют.

Размеры рулонной бумаги: ширина — 6, 9, 12, 18, 24, 36, 60, 90 и 100 см; длина — 50, 100, 150, 200, 250 м.

Режим обработки в проявителе СТ-1 при температуре 20 °С:

Проявление, мин	2—8
Прерывание проявления в кислой ванне, с	10—12
Фиксирование в кислом фиксаже, мин	15
Промывка в проточной воде, мин	20
Сушка при температуре 20—40 °С	До высыхания

294. Характеристика эмульсий фотобумаг (рис. 194). *Бромосеребряная* (Унибром, Фотобром) содержит бромистое серебро с небольшой примесью йодистого. Тон изображения нейтрально-черный с теплым (коричневатым) или холодным (синеватым) оттенком при высокой плотности почернения. В стандартных условиях обработки можно

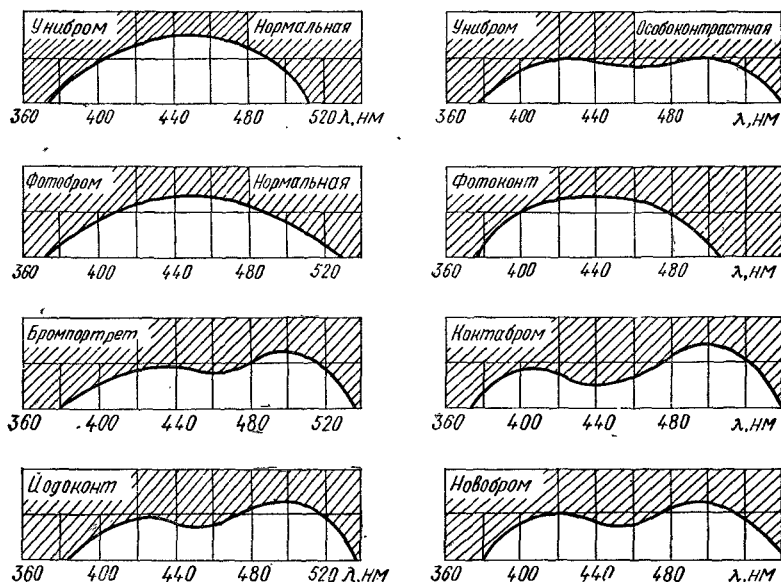


Рис. 194. Спектрограммы черно-белых фотобумаг общего применения

проявлять до 10 мин. Скорость проявления низкая, контраст достигается за 2 и более минут. Обладает наибольшей вуалеустойчивостью и наибольшим сроком хранения. Наивысшая чувствительность позволяет выполнять на бромосеребряных бумагах большие фотоувеличения. Эмульсия пригодна для всех видов художественных и технических работ. Допускает тонирование.

Хлоробромосеребряная эмульсия (Бромпортрет, Новобром, Контабром) содержит равное количество хлористого и бромистого серебра. Тон изображения черно-коричневый с теплым оттенком, хорошо сочетающийся с кремовым или палевым цветом подложки. Степень коричневатости зависит от фабрики-изготовителя. Эмульсия допускает изменение оттенка изображения в стандартном проявителе с изменением концентрации раствора (Новобром, Контабром). Для бумаг Бромпортрет, обрабатываемых не в стандартном проявителе, цвет изображения зависит от величины экспозиции, длительности проявления, концентрации и степени разбавления гидрохинонового проявителя. Разбавле-

ние делает изображение менее контрастным. Светочувствительность хлорбромосеребряной эмульсии в 15—20 раз ниже бромосеребряной. Допускает тонирование.

Хлоросеребряная эмульсия (Фотококт) содержит хлористое серебро с очень небольшой примесью бромистого. Малая светочувствительность при относительно большой плотности изображения, большая скорость проявления, малая вуалеустойчивость. Особенность эмульсии — хорошая передача деталей в светлых местах изображения. Эмульсия обеспечивает хорошую насыщенность изображения с чистыми светлыми и глубокими тенями (особенно у матовых бумаг). Чувствительность средняя. Критична к чистоте концентрации раствора.

Йодохлоросеребряная эмульсия (Йодококт) содержит серебро йодистое с бромистым в соотношении 3 : 2 и небольшой примесью хлористого серебра. Отличается приятным зеленым тоном изображения. Чувствительность низкая. Обладает хорошей детализирующей способностью и большим интервалом экспозиций. Критична к концентрации раствора.

295. Фотобумага Унибром — универсальная бромосеребряная бумага высокой чувствительности для всех видов фотографических работ. Температура плавления эмульсии обычных бумаг: гляцевых 90° С, матовых 60° С, у бумаг со Знаком качества 100 и 70° С соответственно. Срок сохранности обычных бумаг 20 мес, со Знаком качества — 24 мес. Обработка допускается при оранжевом свете (фильтр 0-2,8*). Время проявления 2 мин в проявителе СТ-1.

Сенситометрические характеристики

Унибром обычного качества	Мягкая	Полу- мягкая	Нор- мальная	Конт- растная	Особо- контрастная
S, ед. ГОСТ	8—15	8—15	8—15	5—10	2—5
L_g	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7
$D_{\text{макс}}$:					
глянцевой гладкой					1,8
полуматовой »					1,3*
матовой »					1,25
глянцевой тисненой					1,45*
полуматовой »					1,2**
матовой »					1,2**
глянцевой бархатистой					1,6**

Унибром со Знаком качества	Мягкая	Полу- мягкая	Нор- мальная	Конт- растная	Особоконт- растная
S, ед. ГОСТ	11—15	11—15	11—15	7—10	4—7
L_g	1,4	1,2	1,0	0,8	0,7
$D_{\text{макс}}$:					
глянцевой гладкой					1,85
полуматовой »					1,5*
матовой »					1,35
глянцевой тисненой					1,5*

* Для особоконтрастной бумаги $D_{\text{макс}}$ не оговаривается.

** Для мягкой и особоконтрастной бумаги $D_{\text{макс}}$ не оговаривается,

296. Фотобумага Бромпортрет — хлоробромосеребряная средней чувствительности. В гидрохиноновых проявителях с углекислой щелочью (содой) обладает способностью приобретать цветной оттенок изображения от черно-коричневого до красно-коричневого в зависимости от экспозиции, длительности обработки и концентрации проявителя. Срок хранения 12 мес. Обработка допускается при оранжевом свете (фильтр 0-2,8*). Время проявления в проявителе СТ-1 для обычных бумаг 6 мин, для бумаг со Знаком качества 8 мин.

Сенситометрические характеристики

Бромпортрет обычного качества	Мягкая	Полумягкая	Нормальная	Контрастная
L_g	1,4—1,7	1,2—1,3	1,0—1,1	0,8—0,9
S , ед. ГОСТ				3—15
$D_{\text{макс}}$:				
глянцевой гладкой				1,8
полуматовой »				1,35
матовой »				1,25
глянцевой тисненой				1,4
полуматовой »				1,2
матовой »				1,2

Бромпортрет со Знаком качества	Мягкая	Полумягкая	Нормальная
L_g	1,4—1,7	1,2—1,3	1,0—1,1
S , ед. ГОСТ			5—10
$D_{\text{макс}}$:			
глянцевой гладкой			1,85
полуматовой »			1,4
матовой »			1,3
глянцевой тисненой			1,5
полуматовой »			1,4
матовой »			1,3

297. Фотобумага Новобром — хлоробромосеребряная высокой чувствительности с теплочерным тоном изображения. Время проявления в проявителе СТ-1: для обычных бумаг 6 мин, для бумаг со Знаком качества 8 мин.

Сенситометрические характеристики

Новобром обычного качества	Полумягкая	Нормальная	Контрастная
L_g	1,2—1,3	1,0—1,1	0,8—0,9
S , ед. ГОСТ			5—15
$D_{\text{макс}}$:			
глянцевой гладкой			1,8
полуматовой »			1,3
матовой »			1,25

	Новобром со Знаком качества	Полумягкая	Нормальная	Контрастная
L_g^-		1,2—1,3	1,0—1,1	0,8—0,9
S , ед. ГОСТ				7—12
$D_{\text{макс}}$:				
глянцевой гладкой				1,85
полуматовой »				1,4
матовой »				1,3
глянцевой тисненой				1,5
полуматовой »				1,4
матовой «				1,3

298. **Фотобумага Контабром** — хлоробромосеребряная малой чувствительности. В гидрохиноновых проявителях обладает способностью приобретать цветовой оттенок изображения: коричневый, светло-коричневый, красно-коричневый, красный и фиолетовый в зависимости от экспозиции, длительности обработки и концентрации проявителя. Обработка производится при желто-оранжевом освещении. Время проявления в проявителе СТ-1: для обычных бумаг 6 мин, для бумаг со Знаком качества 8 мин.

Сенситометрические характеристики

	Контабром обычного качества	Полумягкая	Нормальная	Контрастная
L_g^-		1,2—1,3	1,0—1,1	0,8—0,9
S , ед. ГОСТ				0,8—2
$D_{\text{макс}}$:				
глянцевой гладкой				1,8
матовой »				1,25
глянцевой тисненой				1,4

	Контабром со Знаком качества	Полумягкая	Нормальная	Контрастная
L_g^-		1,2—1,3	1,0—1,1	0,8—0,9
S , ед. ГОСТ				1—2
$D_{\text{макс}}$:				
глянцевой гладкой				1,85
полуматовой »				1,4
матовой »				1,3
глянцевой тисненой				1,5
полуматовой »				1,4
матовой »				1,3

299. **Фотобумага Фотобром** — бромосеребряная универсального применения высокой чувствительности. Цвет изображения чисто-черный, теплый. Выдерживает длительное время проявления. Окрашивается в тон селен сернистым натрием. Время проявления в проявителе СТ-1—6 мин,

Сенситометрические характеристики

	Полумягкая	Нормальная	Контрастная	Особоконтрастная
L_g	1,2	1,0	0,8	0,7
S , ед. ГОСТ				5—20
$D_{\text{макс}}$:				
глянцевой гладкой				1,8
полуматовой »				1,3
матовой »				1,25
глянцевой тисненой				1,4
полуматовой »				1,2
матовой »				1,2

300. **Фотобумага Фотоконт** — хлоросеребряная низкой чувствительности с высокой скоростью проявления. Предназначена для контактной печати. Критична к чистоте проявляющего раствора. Обработка производится при ярком оранжевом свете. Время проявления в проявителе СТ-1—4 мин.

Сенситометрические характеристики

	Полумягкая	Нормальная	Контрастная	Особоконтрастная
L_g	1,2	1,0	0,8	0,7
S , ед. ГОСТ	2	2	0,5	0,5

301. **Фотобумага Йодоконт** — йодохлоросеребряная низкой чувствительности для контактной печати. Цвет изображения зеленый. Время проявления в проявителе СТ-1—4 мин.

Сенситометрические характеристики

	Полумягкая	Мягкая
L_g	1,2—1,3	1,4
S , ед. ГОСТ		0,2
$D_{\text{макс}}$:		
глянцевой гладкой		1,8
матовой »		1,25
матовой тисненой		1,2

302. **Фотобумага Монохром** (ТУ 6-17-539П—80) позволяет получать одноцветное изображение на цветовом фоне, создающемся окраской подложки. Возможно получение отпечатков красного, зеленого, желтого и других цветов. Полезный интервал экспозиций, светочувствительность и максимальная плотность почернения соответствуют нормальной фотобумаге Унибром. Монохром пригодна для проекционного и контактного печатания.

ФОТОТЕХНИЧЕСКИЕ БУМАГИ

Применение: фотографическая запись колебательных процессов в светолучевых осциллографах; получение полутонных и штриховых изображений в приемных фототелеграфных аппаратах; размножение

технической и деловой документации; получение копий чертежей и другие технические цели.

303. Регистрирующие фотобумаги УФ (ТУ 6-17-633—79) — для фотографической записи сигналов в светолучевых осциллографах с различными источниками света с целью получения экспресс-информации. Бумаги с прямым почернением под действием света, не требующие мокрой обработки. Для архивного хранения изображение может быть закреплено специальной химико-фотографической обработкой. Изготавливаются с баритовым слоем на бумаге-основе массой: УФ — 100 и 135, УФС — 100 г/м².

УФ-67 — несенсибилизированная для светолучевых осциллографов с ртутными лампами типа ДРШ-100-2. Выпускается рулонами шириной 45 мм при длине 8 м.

УФС — сенсибилизированная для светолучевых осциллографов с лампами накалывания КИМ-10-90 или ОП-6,8-11,5; $\Delta\lambda_s = 560...580$ нм с максимумом на волне 555 нм. Выпускается рулонами шириной 60 мм при длине 10, 15, 20, 26 м; шириной 100, 120, 200 и 300 мм при длине 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 и 100 м.

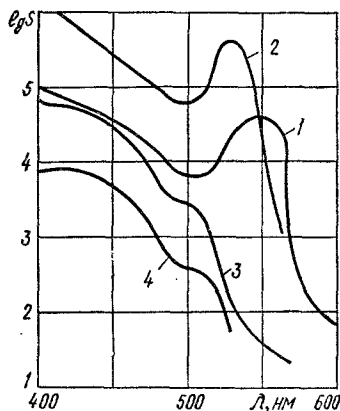


Рис. 195. Кривые спектральной чувствительности фототехнических бумаг: 1 — Осциллографной; 2 — Осциллографной МС; 3 — Фототелеграфной БС; 4 — Фототелеграфной низкочувствительной

Параметры фотобумаг

	УФ	УФС
Предельная скорость светового пятна для осциллографов, м/с:		
с ртутными лампами ДРШ-100-2	2000	2000
с лампами:		
КИМ-10-90	—	200
ОП-6,8-11,5	—	10
$D_{\text{макс}}$ на бумаге массой, г/м ² :		
100	0,5	0,5
135	0,6	—
Максимальный визуальный контраст на бумаге массой, г/м ² :		
100	0,4	0,4
135	0,45	—
Светостойкость, %	40	40

304. Осциллографные фототехнические бумаги (рис. 195).

Осциллографная (ТУ 6-17-786—76) — высокочувствительная фотобумага для записи регистрирующими приборами различных колебательных процессов. В зависимости от светочувствительности различается: обычная, со Знаком качества и бумага ВЧ.

Осциллографная МС (ТУ 6-17-1112—80) — бумага с цветным тоном изображения: МС-1 — коричневого, МС-2 — синего. Изготавливается на бумаге-основе с защитным слоем массой 80; 100 и 135 г/м².

Размеры осциллографных бумаг

Ширина, мм	Длина рулонов, м
35	10, 15, 20
60, 70, 90, 100, 120, 140	10, 15, 20, 25, 30, 35*, 40**
100, 120, 130	100
150, 175, 190, 200, 218, 280, 300, 400	10, 15, 20, 25, 30, 35 (45, 60, 60)**

* Для бумаг Осциллографная МС.

** Для бумаг Осциллографная.

Сенситометрические характеристики

	Осцилло- графная	Осцилло- графная со знаком качества	Осцилло- графная ВЧ	Осцилло- графная МС
$S_{0,2}$, ед. ГОСТ . . .	400	600	1300	400
L_g^*	1,3—1,7	1,3—1,5	1,3—1,7	1,3—1,5
D_0^*	0,1	0,07	0,1	0,1

* При времени проявления 2 мин.

Фототелеграфная низкочувствительная (ТУ 6-17-781—76) — бумага для регистрации в фототелеграфных аппаратах штриховых и полутоновых изображений, передаваемых на расстояние. Изготавливается на бумаге-основе массой 135 г/м² с баритовым слоем. Выпускается форматными листами 21,9 × 30 см и рулонами шириной 600 и 630 мм при длине 50, 100, 150, 200 и 250 м; 900 и 1000 мм — при длине 50 и 100 м.

Фототелеграфная БС (ТУ 6-17-659—75) — быстростабилизирующая бумага для записи в фототелеграфных аппаратах полутоновых и штриховых изображений со скоростной обработкой в проявочных автоматах. Изготавливается на бумаге-основе массой 135 г/м² с защитным слоем. Выпускается в рулонах шириной 70 мм при длине 15, 20 и 25 м; шириной 100 и 120 мм при длине 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 м; шириной 150, 175, 190 и 200 мм при длине 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 м; шириной 300 мм при длине 50 и 75 м.

	Фототелеграфная низкочувствительная	Фототелеграфная БС
S , ед. ГОСТ*	12	35
S , ед. ГОСТ**	—	40
L_g^*	1—1,1	1,3
D_0	—	0,03—0,07
$D_{\text{мако}}$	1,8	1,8

* При обычной обработке.

** При скоростной обработке.

305. Фотокопировальные бумаги (рис. 196).

Рефлексная (ТУ 6-17-781—76) — низкочувствительная высококонтрастная с защитным слоем. **Рефлексная полиграфическая** — бумага менее чувствительная и более контрастная без защитного слоя. Бумаги предназначены для копирования различных документов ме-

тодом рефлексной печати. Рефлексная полиграфическая может применяться для изготовления офсетных печатных форм на алюминиевой фольге. Изготавливаются на бумаге-основе массой 100 и 135 г/м², выпускаются форматными листами 13 × 18, 18 × 24, 24 × 30 и 30 × 40 см и рулонами шириной 600 и 630 мм при длине 50, 100, 150, 200 и 250 м; шириной 900 и 1000 мм при длине 50, 100, 150 и 200 м.

Сенситометрические характеристики

	Рефлексная	Рефлексная полиграфическая
S , ед. ГОСТ	0,1	0,05
L_g	0,3—0,5	Не более 0,4
$D_{\text{макс}}$	1,1	1,1

Контрастная документная (ТУ 6-17-781—76) — среднечувствительная бумага высокой контрастности для копирования различных документов контактным или проекционным методом: S — не более 0,15 ед. ГОСТ; $L_g = 0,3...0,5$; $D_{\text{макс}}$ — не менее 1,2. Негативным

материалом для печати может служить Рефлексная бумага и фототехнические пленки. Контрастная документная бумага допускает исправления в изображении карандашом и тушью. Изготавливается на бумаге-основе массой 90—100 г/м² без защитного слоя, выпускается форматными листами 20 × 30, 30 × 40 и 40 × 60 см и рулонами шириной 600 и 630 мм при длине 50, 100, 150, 200 и 250 м; шириной 900 и 1000 мм при длине 50, 100, 150 и 200 м.

Технокопир (ТУ 6-17-781—76) — бумага для скоростного копирования штриховых оригиналов (чертежей, карт, рисунков, текста):

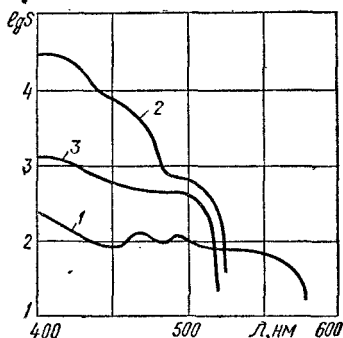


Рис. 196. Кривые спектральной чувствительности копировальных фотобумаг:

1 — Рефлексной; 2 — Контактной Документной; 3 — Картографической

S — не более 0,15 ед. ГОСТ; $L_g = 0,3...0,5$; $D_{\text{макс}}$ — не менее 1,2.

Различается негативная и позитивная. Изготавливается на бумаге-основе массой 100 и 135 г/м². Выпускается форматными листами 21,9 × 30; 30 × 45 и 45 × 60 см и рулонами: шириной — 600 и 630 мм при длине 50, 100, 150, 200 и 250 м; шириной 900 и 1000 мм при длине 50, 100, 150 и 200 м.

Картографическая (ТУ 6-17-674—75) — среднечувствительная особоконтрастная бумага со съемным прозрачным эмульсионным слоем для картографии и других технических работ. Эмульсионный слой отпечатка может быть вырезан с поверхности бумаги и наклеен на другую бумагу (карту). Изготавливается на бумаге-основе массой 135 г/м² с защитным слоем, выпускается форматными листами 9 × 12 и 18 × 24 см.

Обращаемая (ТУ 6-17-922—77) — высокочувствительная фото-бумага для получения позитивных копий штриховых и полутонных

оригиналов в специальных автоматах: S — не более 100 ед. ГОСТ; $L_g = 0,8...1,1$; $D_{\text{макс}}$ — не менее 1. Изготавливается на лакированной бумаге-основе массой 135 г/м². Выпускается рулонами шириной 40 мм при длине 80 м и шириной 210 мм при длине 75 м.

Контур (ТУ 6-17-910 — 77) — синтетическая бумага пленочного типа для выполнения чертежно-графических работ, многократного снятия копий на светокопировальных аппаратах и получения красочных оттисков полиграфическим способом. Изготавливается на лавсановой основе с односторонним бумифицирующим покрытием. Выпускается рулонами шириной 610 мм при длине 500 и 1000 м.

Толщина, мкм (44...56,5) $\pm$ 4,5
 Ширина бумифицирующего покрытия, м 0,605 $\pm$ 0,005
 Микротвердость, Н/м² 17 $\cdot$ 10⁷
 Лоск 0,1—0,2
 Относительный коэффициент пропускания, %, не более 80
 Усадка термостатная в продольном и поперечном направлении бумаги при 100 °С, %, не более 0,5

ЦВЕТНЫЕ ФОТОПЛЕНКИ

Отечественные цветные негативные и обращаемые фотопленки выпускаются для съемки при дневном свете 5500 К и свете ламп накаливания 3200 К. Применение пленок для съемок при несоответствующем

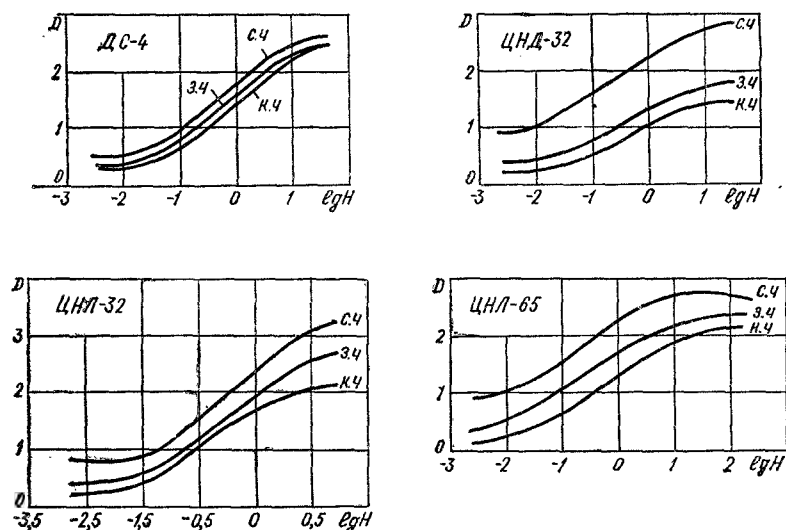


Рис. 197. Характеристические кривые цветных негативных фотопленок

свете требует установки на объективе съемочной камеры конверсионного фильтра (166). Негативные пленки различаются немаскированными и маскированными (с цветными масками-фильтрами в слоях).

306. Цветные негативные фотопленки: немаскированная — ДС-4 (ТУ 6-17-622—74); маскированные — ЦНД-32, ЦНЛ-32, ЦНЛ-65 (ТУ 6-17-441—78). Время проявления в рекомендованном проявителе 5—8 мин (рис. 197).

Выпускаются: катушечными перфорированными шириной 35 мм при длине 1,65 м (типа ФЭД) и 17 м; катушечными неперфорированными шириной 16 мм при длине 0,45 и 0,95 м и шириной 61,5 мм (Рольфильм 60 мм) при длине 0,815 м; листовыми форматными размерами: $6,5 \times 9$; 9×12 ; 13×18 ; 18×24 ; 24×30 ; 30×40 см.

Толщина основы пленок: листовых 140—150 мкм, катушечных Рольфильм 90—110 мкм, катушечных шириной 16 и 35 мм — 110—150 мкм.

	ДС-4	ЦНД-32	ЦНЛ-32	ЦНЛ-65
S , ед. ГОСТ*	45	32	32	65
$\gamma_{рек}$, общ.	0,8	—	—	—
$\gamma_{ср. и ниж. сл}^{**}$	—	$0,7 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$
$L_{общ}$	1,2	0,9	0,9	1,5
B_k	0,12	—	—	0,1**
$B_{ч}$	2	2,5	2,5	2,4
D_0^{*4}	0,25	—	—	—
$D_0 + D_{маски}$ за фильтром:				
синим	—	0,75—1,1	0,75—1,1	0,75—1,1
зеленым	—	0,25—0,5	0,25—0,5	0,4—0,6
красным	—	0,3	0,3	0,3
R , лин/мм	63	58^{*5}	58^{*5}	63

* Однотипные фотопленки могут выпускаться с более высокой светочувствительностью.

** Для верхнего слоя выше среднего на 0,1—0,2.

*** Для среднего и нижнего слоя.

*4 В каждой спектральной зоне.

*5 Для белого света.

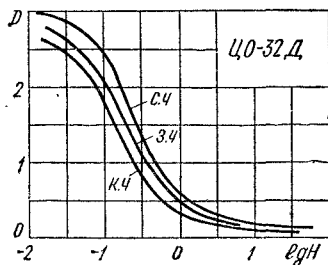
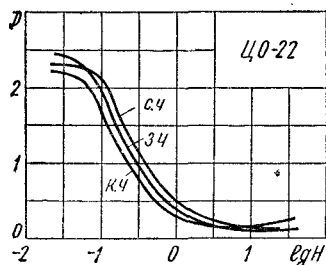


Рис. 198. Характеристические кривые цветных обрабатываемых фотопленок

307. **Цветные обрабатываемые фотопленки.** Для дневного света с $T_{цф} = 5500$ К: ЦО-22 (ТУ 6-17-617—74), ЦО-32Д (ТУ 6-17-912—77) (рис. 198). Для света ламп накаливания с $T_{цф} = 3200$ К: ЦО-90Л, ЦО-180Л.

Выпускаются катушечными перфорированными и неперфорированными (Рольфильм). Размеры: перфорированных — ширина 35 мм при длине 1,65 м (типа ФЭД) и 17 м; неперфорированных — ширина 61,5 мм при длине 0,815 м. Толщина основы: ЦО-22 — 110—130 мкм, ЦО-32Д — 90—150 мкм.

Сенситометрические характеристики

	ЦО-22	ЦО-32Д	ЦО-90Л	ЦО-180Л
S , ед. ГОСТ	22	32	90	180
$\gamma_{\text{рек}}$	1,8—2,2	1,8—2,2	1,4—1,7	1,4—1,7
$B_{\text{ч}}$	1,8	1,3 . . . 1,8	1,6	1,6
$B_{\text{к}}$	0,3	0,3	0,3	0,3
L	1,2	1,2	1,2	1,2
R , лин/мм	70	53	53	50
D_0	0,25	0,25	0,25	0,25

ЦВЕТНЫЕ КИНОПЛЕНКИ

308. Цветные негативные профессиональные кино пленки (рис. 199).
 ДС-5М (ТУ 6-17-691—75) — маскированная, для съемки при дневном свете с $T_{\text{цф}} \approx 5500$ К.

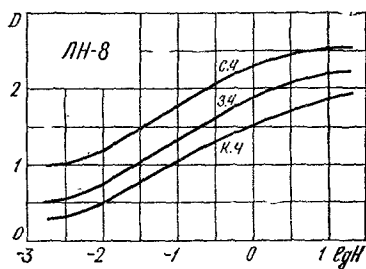
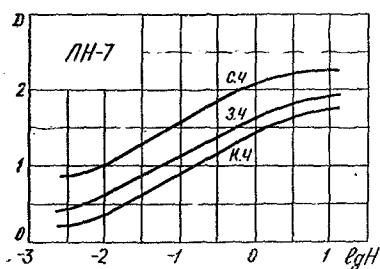
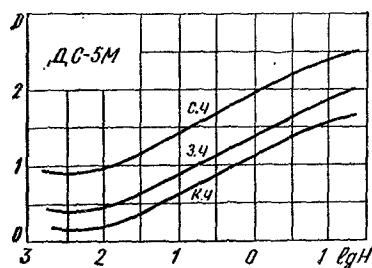


Рис. 199. Характеристические кривые цветных негативных кино пленок



№ 85 или ОРВО К-14, или цветное оптическое стекло ОС-6 толщиной 2 мм.

Сенситометрические характеристики

	ДС-5М	ЛН-7	ЛН-8
S , ед. ГОСТ	32	65*	100**
$\bar{g}^{***}$	0,55—0,65	0,55—0,65	0,55—0,65
$\gamma_{\text{общ}}$	—	—	$0,65 \pm 0,05$
$\gamma_{\text{ср. и ниж. сл}}$	$0,65 \pm 0,05$	$0,65 \pm 0,05$	—
$\gamma_{\text{верх. сл}}$	$\approx 0,8 \pm 0,05^{*4}$	$\approx 0,8 \pm 0,05^{*4}$	—

$B_{\text{ч}}$	2	2,5	2
$B_{\text{г}}$	0,12	0,1	0,1
$B_{\text{к}}^{*5}$	0,1	0,1	—
$B_{\text{к. общ}}$	—	—	0,1
γ/g	—	—	1,1
$D_{\text{о+маски}}$ за фильтром*6:			
синим	0,75	0,75	0,75—1,1
зеленым	0,25—0,5	0,3—0,6	0,3—0,6
красным	0,3	0,3	0,3
Эффективность фильтрового.			
слоя	—	1	1
$\sigma_D \cdot 1000$ за фильтром:			
зеленым	22	19	19
красным	30	21	21
$T_{\text{вз}}^{*7}$	—	—	0,22
$T_{\text{вк}}^{*8}$	—	—	0,15
$\Delta\lambda_S$		690	690
$t_{\text{пл}}$, °C	45	33	33

- * При дневном свете 40 ед. ГОСТ.
** При дневном свете 60 ед. ГОСТ.
*** Каждого из слоев.
*4 Больше среднего на $0,15 \pm 0,05$.
*5 Среднего и нижнего слоев.
*6 Суммарная плотность вуали и маски.
*7 Зеленоочувствительного слоя.
*8 Красноочувствительного слоя.

309. Цветная негативная профессиональная киноплёнка ЛН-9

Сенситометрические характеристики (ориентировочные данные)

S , ед. ГОСТ	100
$L_{\text{г}}$	1,8
$T_{\text{в}}$ за фильтром:	
зеленым	0,6
красным	0,3
$\sigma_D \cdot 1000$ *	10
$t_{\text{пр}}$, °C**	40
$t_{\text{пл}}$, °C	45

- * За красным и зеленым фильтром.
** Продолжительность негативной обработки 17 мин.

310. Цветные обрабатываемые профессиональные киноплёнки (рис. 200).
ЦО-Т-90ЛМ (ТУ 6-17-1000—79) — 16 и 35-мм для телевизионных
съемок при свете ламп накаливания с $T_{\text{цф}} = 3200$ К.
ЦО-6 (ТУ 6-170565—79) — 16 и 35-мм для получения кинокопий
с обрабатываемых оригиналов в телевидении и кинематографии.

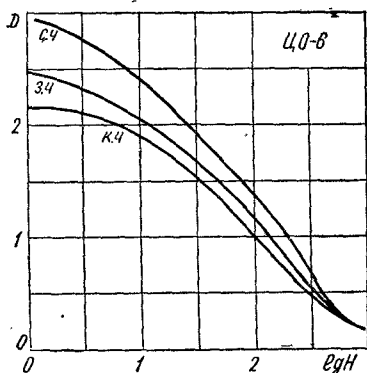
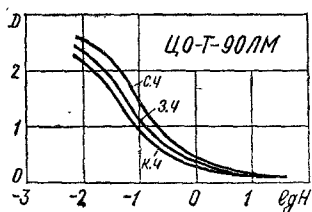


Рис. 200. Характеристические кривые цветных обрабатываемых киноплёнок

Сенситометрические характеристики

	ЦО-Т-90ЛМ	ЦО-6
S , ед. ГОСТ	90	0,4
$B_{\text{ч}}$	1,6	2
$\gamma_{\text{рек}}$	1,4—1,6	0,9—1,15
$B_{\text{к}}$	0,2	0,25
$D_{\text{мин}}^*$	0,25	0,25
$D_{\text{макс}}^*$	2,2	2
R , лин/мм	75	68
$T_{\text{пл}}$, °C	60	34

* Для каждого слоя.

311. Цветные позитивные профессиональные киноплёнки (рис. 201).
ЦП-8Р (ТУ 6-17-827—76) — для печати кинокопий с маскированными негативов и контративов.

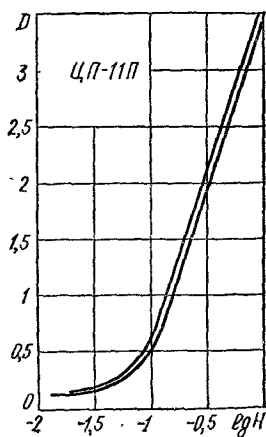
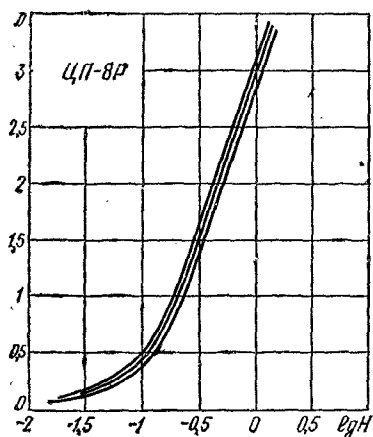


Рис. 201. Характеристические кривые позитивных киноплёнок

ЦП-11П (ТУ 6-17-1114—80) — с улучшенными цветоделительными структурно-резкостными и физико-механическими характеристиками.

Выпускаются рулонами шириной 16, 32 (2×16), 32 (4×8), 35 и 35 (4×8 Супер), мм при длине 300 м и шириной 70 мм при длине 375 м.

Сенситометрические характеристики

	ЦП-8Р	ЦП-11П
S , ед. ГОСТ	0,2—0,75	0,3
$B_{\text{ч}}$	1,7	
γ	$2,7 \pm 0,3$	$3 \pm 0,3$
$B_{\text{к}}$	0,4	—
$B_{\text{г}}$	—	0,4
D_0	0,18	0,15
$D_{\text{макс}}$	2,5	
R , лин/мм	78	—
$T_v = 30^{-1}$ за фильтром:		
зеленым	—	0,75
красным	—	0,4
σ_D 1000 за фильтром:		
зеленым	15	10
красным	18	10
$T_{\text{пл}}$, °С	33**	

* Для каждого слоя.

** При выпуске. Через месяц $T_{\text{пл}} = 40^\circ\text{C}$.

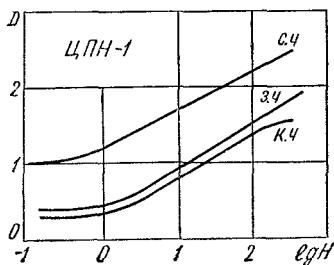
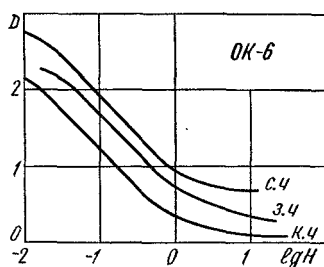
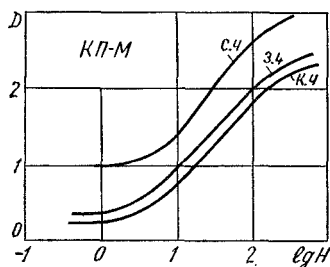


Рис. 202. Характеристические кривые контрастных киноплёнок

312. Цветные контратипные профессиональные киноплёнки.

КП-М (ТУ 6-17-692—75) — для изготовления промежуточных позитивов и контратипов (рис. 202). Выпускается рулонами шириной 16 (2×16), 35 и 70 мм при длине 300 м.

ОК-6 (ТУ 6-17-1014—78) — обращаемая для изготовления обращенного контратипа с негатива. Выпускается рулонами шириной 35 и 70 мм при длине 300 м.

ЦПН-1 (ТУ 6-17-1067—79) — для изготовления контратипов с обращенных позитивов. Выпускается рулонами шириной 16 и 35 мм при длине 300 м.

Сенсинометрические характеристики

	КП-М	ОК-6	ЦПН-1
S , ед. ГОСТ	0,2	0,5	0,2
$B_{\text{ч}}$	1,8	2	2
$\gamma_{\text{рек}}^*$	1—1,15	1,15	0,5—0,6
$B_{\text{к}}$	0,1	0,1	0,1
D_{0+} маски за фильтром:			
красным	0,35	0,2	0,3
зеленым	0,35—0,55	0,5	0,25—0,55
синим	0,75—1,1	1,0	0,75—1,05
$D_{\text{макс}}$ за фильтром:			
красным	1,9	1,9	—
зеленым	2,1	2,1	—
синим	2,7	2,7	—
$L_{\text{общ}}$	1,2	1,2	1,2
$R_{\text{общ}}$, лин/мм	73	80	—
$\sigma_D \cdot 1000$ за фильтром: зеленым и			
красным	13	20	13
$T_{\gamma} = 30^{-1}$ мм за фильтром:			
красным	—	0,2	0,3
зеленым	—	0,35	0,45
$T_{\text{пл}}$, °C	40	30	30

* Каждого слоя.

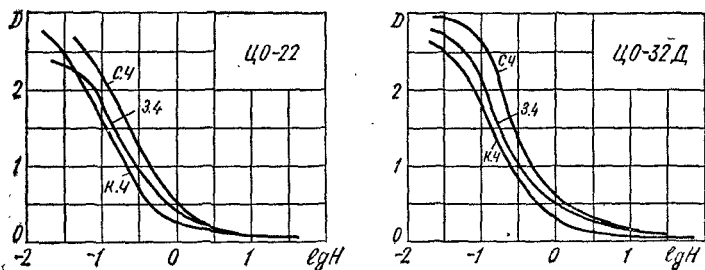


Рис. 203. Характеристические кривые цветных обращаемых киноплёнок

313. Цветные обращаемые любительские киноплёнки ЦО-22 (ТУ 6-17-617—74), ЦО-32Д, ЦО-65 (ТУ 6-17-912—77) — для съемки при дневном свете с $T_{\text{цф}} = 5500$ К (рис. 203). Выпускаются: шириной

8 мм одинарные (1×8) длиной 10,3 м и двойные (2×8) при длине 10,1 м с обычной перфорацией и перфорацией типа Супер; шириной 16 мм с односторонней перфорацией при длине 17,6; 32,6 и двусторонней перфорацией при длине 62,6 м.

Сенситометрические характеристики

	ЦО-22	ЦО-32Д	ЦО-65
S , ед. ГОСТ	22	32	65
$\gamma_{\text{рек}}$	1,8—2,2	1,8—2,2	1,9—2,4
R , лин/мм	70	53	68
B_K	—	0,3	—
D_0	—	—	0,25
$D_{\text{макс}}$	—	—	2,3

Условные обозначения

D_r	— оптическая плотность в отраженном свете
D_R	— оптимальная плотность для максимальной разрешающей способности
$D_{\text{вм}}^c, D_{\text{вм}}^3, D_{\text{вм}}^K$	— суммарная оптическая плотность вуали и маски ($D_0 + D_{\text{маск}}$) соответственно за синим, зеленым и красным фильтром
$L_{\text{обр}}$	— фотографическая широта обрабатываемых фотоматериалов
$S_{0,1}, S_{0,2}, S_{0,85}, S_{0,9}$	— общая светочувствительность фотоматериала для оптической плотности критерия D , равной 0,1; 0,2; 0,85 и 0,9 соответственно
$S_{\text{обр}}$	— общая светочувствительность по обращенному изображению
$T_v = 30 \text{ мм}^{-1}$	— частотно-контрастная характеристика для пространственной частоты в 30 периодов оптической решетки тест-объекта на 1 мм
$V(\lambda)$	— относительная спектральная световая эффективность глаза
$\Delta\lambda$	— диапазон длин волн сенсibilизации фотоматериала
$\Delta S_{\text{макс}}$	— длина волны для максимальной светочувствительности
$\sigma_D \cdot 1000$	— среднеквадратичная гранулярность фотослоя, выраженная в целых числах

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне. — М. : Мир, 1982.— 181 с.
- Айзенберг Ю. Б. Световые приборы.— М. : Энергия, 1980.— 463 с.
- Алексеев С. С. Цветоведение.— М. : Гизлегпром, 1949.— 138 с.
- Артюшин Л. Ф. Основы воспроизведения цвета.— М. : Искусство, 1970.— 548 с.
- Брилл Т. Свет. Воздействие на произведения искусства.— М. : Мир, 1983.— 304 с.
- Вавилов С. И. Глаз и Солнце.— М. : Наука, 1976.— 126 с.
- Вендровский К. В., Вейцман А. И. Фотографическая структурометрия.— М. : Искусство, 1982.— 270 с.
- Гибсон Х. Фотографирование в инфракрасных лучах.— М. : Мир, 1982.— 558 с.
- Голдовский Е. М. Светотехника киносъемки.— М. : Искусство, 1968.— 262 с.
- Гордийчук И. Б., Пелль В. Г. Справочник кинооператора. — М. : Искусство, 1979.— 439 с.
- Гороховский Ю. Н., Баранова В. П. Свойства черно-белых фотографических пленок.— М. : Наука, 1970.— 388 с.
- Грегори Р. Л. Глаз и мозг.— М.: Прогресс, 1970.— 271 с.
- Гуревич М. М. Фотометрия.— Л. : Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1983.— 268 с.
- Гуревич М. М. Цвет и его измерение. — М. : Изд-во АН СССР, 1950. — 268 с.
- Джеймс Т. Х. Теория фотографического процесса.— Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1980.— 672 с.
- Долгополов В. И. Светотехнические материалы.— М.: Энергия, 1972.— 167 с.
- Друккер С. А. Источники света и освещение в цветной фотографии.— М. : Искусство, 1956.— 248 с.
- Зернов В. А. Фотографические процессы в репродукционной технике.— М. : Книга, 1969.— 300 с.
- Зернов В. А. Фотографическая сенситометрия.— М. : Искусство, 1980.— 351 с.
- Зернов В. А. Цветоведение.— М. : Книга, 1972.— 239 с.
- Ивэнс Р. М. Введение в теорию цвета.— М. : Мир, 1964.— 442 с.
- Йофис Е. А. Кинопленки и их обработка.— М. : Искусство, 1964.— 300 с.
- Йофис Е. А. Кинофотопроцессы и материалы.— М. : Искусство, 1980.— 240 с.
- Клаус Г., Мойзель Г. Применение светофильтров в фотографии. — М.: Искусство, 1983.— 174 с.
- Кравков С. В. Глаз и его работа. Психология зрения, гигиена освещения. — М.: Изд-во АН СССР, 1950.— 531 с.
- Кравков С. В. Цветовое зрение.— М. : Изд-во АН СССР, 1951. — 175 с.
- Крауфорд Ф. Волны. БКФ, том III.— М. : Наука, 1984.— 511 с.
- Кудряшов Н. Н. Киносъемка в науке и технике.— М. : Искусство, 1960.— 335 с.
- Кудряшов Н. Н. Специальные киносъемки.— М. : Искусство, 1979.— 286 с.

- Ламехов О. А., Фрид Ю. В., Журкин Г. В. Светотехника и светоизмерения.— М. : Машиностроение, 1980.— 296 с.
- Левитин И. Б. Фотография в инфракрасных лучах. — М. : Воениздат, 1961.— 192 с.
- Луизов А. В. Глаз и свет.— М. : Энергоиздат, 1983.— 140 с.
- Луковский Е. А. Основы оптики. Начала светотехники. — М. : Воениздат, 1949.— 344 с.
- Максмов В. В. Трансформация цвета при изменении освещения.— М. : Наука, 1984.— 160 с.
- Мельников Ю. Ф. Светотехнические материалы. — М. : Высш. шк. 1976.— 151 с.
- Мехов О. А., Фрид Ю. В. Светотехника и светоизмерение. — М. : Машиностроение, 1980.— 296 с.
- Мешков В. В. Основы светотехники.— М. : Энергия, 1979.— 368 с.
- Миз К. Теория фотографического процесса.— М. : Гостехиздат, 1949.— 863 с.
- Минарт М. Свет и цвет в природе.— М. : Физматгиз, 1959. — 424 с.
- Нечаева И. А. Цветоведение и теория трехцветной репродукции. — М. : Искусство, 1956.— 190 с.
- Нюберг Н. Д. Теоретические основы цветной репродукции.— М. : Советская наука, 1974.— 190 с.
- Пэдхем Ч., Сондерс Дж. Восприятие света и цвета. — М. : Мир, 1978.— 256 с.
- Пятницкий Ф. С. Цветоведение и цветовоспроизведение. — М. : Тр. ВГИК, 1970, вып. 12.— 69 с.
- Рудин Н. Г. Руководство по цветоведению.— М. : Гизлегпром, 1956.— 46 с.
- Саутворт М. Технология цветоведения. — М. : Книга, 1983. — 206 с.
- Скоков И. В. Оптические спектральные приборы.— М. : Машиностроение, 1984.— 239 с.
- Соловьев С. М. Инфракрасная фотография.— М. : Искусство, 1960.— 216 с.
- Фомин А. В., Закс М. И. Фотоаппаратура и оборудование фотопредприятий службы быта.— М. : Лег. индустрия, 1980.— 166 с.
- Фризер Х. Фотографическая регистрация информации.— М. : Мир.— 1978.— 670 с.
- Фугенфиров М. И. Газоразрядные лампы.— М. : Энергия, 1975. — 127 с.
- Хнян Я. Т. Электронная лампа-вспышка. — К. : Гостехиздат УССР, 1961.— 151 с.
- Цветовое оформление на железнодорожном транспорте / Г. Л. Соснова, Ю. В. Фрид, Е. Г. Соколова, Е. И. Лосева. — М. : Транспорт, 1984.— 200 с.
- Цойгнер Г. Учение о цвете.— М. : Стройиздат, 1971.— 159 с.
- Шаронов В. В. Наблюдение и видимость.— М. : Воениздат, 1953.— 96 с.
- Шаронов В. В. Свет и цвет.— М. : Физматгиз, 1961.— 311 с.
- Шашлов Б. А. Теория фотографического процесса. — М. : Книга, 1971.— 240 с.
- Шашлов Б. А. Теория фотографических процессов.— М. : Книга, 1981.— 319 с.
- Шор М. Светочувствительные бумаги и их применение. — М. : Искусство, 1972.— 158 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адаптация 9
— световая 10
— темновая 10
Аккомодация 10
Активности 6
Аметропия зрения 11
- Гамма 273
— негатива 279
— оптическая 279
— фотослоя 279
Градиент средний 273, 279
— — полезный 274, 279
Гранулярность 260
График кинетики проявления 283
- Диапазон оптических излучений 6
- Излучение видимое 6
Излучения:
 активности 6
 координаты цветности 147
 суммарная плотность 6
Изображение оптическое 267
— скрытое 266
Иллюзия пространства 157
— освещения 157
Источник света нормированный 42
— сенситометрический 44
— — стандартный 42
— — типа A, B, C 43
— — типа D, E 44
— — точечный 19
- Кинопроекторы 84
Колориметр 141
Конвергенция 8
Контраст:
 одновременный 155
 цветовой 155
 последовательный 155
Кратность фильтра 163
— — для эмульсий 168
— — независимость 168
— — способы определения 165
Критерий светочувствительности 274
- Латентность 281
- Майер число 173
- номограмма 174
- Насыщенность 120
— графическое выражение 121
- Обработка:
 киноплёнок ЦП-8Р, ЦП-11 289
 обращаемых фотобумаг 293
ускоренная телевизионных плёнок 290
 фотобумаг «Фотоцвет» 291
 фотокиноплёнок ОЧ 286
 цветных негативных материалов 288
 цветных обращаемых плёнок ЦО 290
 чёрно-белых материалов 185
- Оптические системы:
 комбинированные 82
 отражающие 79
 преломляющие 81
- Осветители:
 бестеневого света 84
 импульсные 94
 комбинированные 97
 направленно-рассеянного света 83
 рассеянного света 83
 ФИЛ 96
 ФЭ 97
- Освещённость 20
— без снежного покрова 112
— при снежном покрове 112
— Солнца 111
— сумерек 114
- Пигменты белые 55
- Плотность:
 визуальная 41
 визуально-эквивалентная 41
 в проходящем свете 35
 в отражённом свете 36
 двойная диффузная 39
 диффузная 39
 единицы 33
 интервал 274
 классификация 38
 колориметрическая 41
 копировальная 41
 критерияльная 274
 оптическая 33, 267

почернения 267
регулярная 38
стандартная 41
фотографически-эквивалентная 41
эффективная 39
Прозрачность атмосферы 104
— оптическая 30

Режим обработки:
обращаемых пленок ЦО 290
обращаемых фотобумаг 293
ускоренной ЦО 291
фотобумаг «Радуга» 292
фотобумаг «Фотоцвет» 292
черно-белых материалов 285
цветных фотослоев 284

Свет:
безоблачного неба 105
белый 42
величины 18, 25
естественный 102, 109
классификация 102
Луны 114
ночного неба 116
пасмурного дня 112
поверхностно-отраженный 26
прямого Солнца 102
солнечный 100
Солнца + неба 108
Солнца при облачности 109
сумерек 113
Светлота 122
— графическое выражение 124
— поверхности 32

Светофильтр:
двусторонняя кривая 160
действие 161
кратность 163
односторонняя кривая 160
пологая кривая 160
спектральная характеристика 158
фактор 161

Светофильтры:
абсорбционные 170
голубые 183
дисперсионные 171
дифракционные 172
желтые 185
желто-зеленые 185
защитные 189
интерференционные 171, 190
кинооператорские 196
киноосветительные 191
классификация 169
конверсионные 172, 244
красные 186
лабораторные 188

мозаичные 207
нейтрально-серые 186
оранжевые 186
отражающие 171
поляризационные 170, 186
сенситометрические 208
ультрафиолетовые 186
Светочувствительность:
единицы 281
общая 286
спектральная 276
эффективная 276
Синтез аддитивный 133
— субтрактивный 150
Стекло 45
— глушеное 52
— инфракрасное 53
— кварцевое 49
— люминесцирующее 53
— матированное 53
— молочное 52
— неувioletовое 49
— оконное 49
— опаловое 52
— оптическое бесцветное 46
— органическое 50
— рентгеновское 53
— светотехническое 49
— силикатное 51, 53
— спектральные кривые 147
— uvioletовое 48
Стандарты государственные 282
Стойание Солнца 104

Тело:
селективное 31
серое 31
черное 14
Температура цветовая 15
— цветофотографическая 15
Термины цветов 157
Тон 158
— цветовой 120

Условия хранения материалов 265

Фовеа 8
Фотобумаги 260
— Бромпортрет 348
— документные 353
— Контабром 349
— Контур 354
— картографические 353
— Новобром 349
— обращаемые 352
— основные показатели 280
— осциллографные 351
— регистрирующие УФ 351

- технические 320
- технокопир 353
- Унибром 347
- Фотобром 349
- Фотоконт 350
- фотокопировальные 352
- фототелеграфные 352
- Фотокомплект «Момент» 299
- Фото пленки 259, 296
- Фото пленки черно-белые:
 - астрономические 319
 - инфракрасные 321
 - МЗ-3Л 296
 - «Микрат» 313
 - обращаемые ОЧ 298
 - рентгенографические 316
 - фототехнические 300, 308
 - ядерных исследований 323
- Фото пленки цветные:
 - ДС-4 355
 - обращаемые 355
 - ЦНД 355
- Фотохимикаты 283

Характеристика:

- спектральная фильтра 160
- частотно-контрастная 264

Цвет 116

- ахроматический 127
- белый, серый, черный 32
- дополнительный 125
- несpectralный 143
- объектов съемки 152
- окраски 148
- основной 125

- отражения 148
- поверхности 147
- рефлексов 149
- Цвета аддитивный синтез 130
- воспроизведение 130
- восприятие 154
- графическое выражение 118
- зональный график 126
- наименование 143
- определение параметров 143
- определение по графикам МКО 142
- ощущение 154
- признаки 119
- приборы измерения 140
- спектры 154
- тон 120
- трехзональная система 118
- Цвета метамерные 154
- Цветность 119
- излучений стандартных 16
- излучений типовых 16
- светового потока 14

Число светочувствительности 278

Широта фотографическая 274

- Экспозиция 24
- Эмульсия 257, 260
- фотобумага 346

Яркость 22

- коэффициент 24
- независимость от расстояния 23
- ощущение прироста 155

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава 1. Светотехника	6
Оптическое излучение	6
Глаз и его характеристики	7
Цветность светового потока	14
Световые величины фотографии	18
Светотехнические характеристики	25
Оптическая плотность	33
Стандартные источники белого света	42
Светотехнические материалы	45
Источники искусственного света	56
Световые приборы и комплексы	74
Естественный свет	100
Глава 2. Цветоведение	116
Характеристика цвета	116
Воспроизведение цветов	130
Цветовые измерения	139
Цвет объекта съемки	148
Цветовосприятие	154
Глава 3. Светофильтры	158
Общая характеристика и параметры	158
Кратность фильтра	161
Классификационные характеристики	169
Конверсионные фильтры	172
Цветное оптическое стекло	175
Отечественные светофильтры	183
Светофильтры Кодак Рэнтген	209
Светофильтры ОРВО	233
Светофильтры Агфа-Геверт	244
Глава 4. Фотографические материалы	257
Общие сведения	257
Фотометрические параметры материалов	267
Сенситометрические показатели фотослоев	276
Стандарты обработки	282
Обработка черно-белых отечественных фотослоев	285
Обработка цветных отечественных фотослоев	288
Черно-белые пленки общего применения	296
Фототехнические пленки ФТ	300
Фотопленки для микрофильмирования типа «Микрат»	313
Рентгенографические пленки	316
Астрономические фотопленки	319
Инфрахроматические фотопленки	321
Фотопленки для голографии	322
Фотопленки для ядерных исследований	323
Дозиметрические и автордиографические фотопленки	324
Бессеребряные светочувствительные материалы	324

Черно-белые профессиональные негативные и позитивные кино- пленки	327
Обращаемые профессиональные 16-мм кинопленки	332
Профессиональные кинопленки для контратипирования	333
Любительские обращаемые 16-мм кинопленки типа ОЧ	334
Кинопленки фонограммные	335
Кинопленки для научно-технических целей	335
Фотопластинки общего применения	338
Фотопластинки для научно-технических целей	340
Черно-белые фотобумаги общего применения	345
Фототехнические бумаги	350
Цветные фотопленки	354
Цветные кинопленки	356
Список литературы	362
Предметный указатель	364

Дмитрий Степанович ГУРЛЕВ

Справочник по фотографии
(светотехника и материалы)

Редактор Л. О. Полянская
Оформление художника Л. А. Дикарева
Художественный редактор В. С. Шапошников
Технический редактор С. В. Иванус
Корректор Н. В. Тарабан

Информ. бланк № 2228

Сдано в набор 17.10.85. Подписано в печать 23.01.86. БФ 06011. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага типогр. № 3. Гарн. лит. Печ. выс. Усл. печ. л 19,32 Усл. кр.-отт 19,53.
Уч.-изд. л 26,72. Тираж 230000 экз. (2 завод 40001—230000). Зак. 5-1452. Цена 2р. 10к.
Издательство «Техніка», 252601, Киев, 1, Крещатик, 5.
Книжная фабрика им. М. В. Фрунзе, 310057, Харьков-57, Донец-Захаржевского, 6/8.